

# HENRIK HESSELMANS TALLHEDS- FÖRSÖK ÅREN 1922—42

*THE ECOLOGY OF LICHEN-PINE FOREST  
EXPERIMENTS (1922—42) BY THE LATE DR H. HESSELMAN*

AV

LARS-GUNNAR ROMELL

OCH

CARL MALMSTRÖM



---

MEDDELANDEN FRÅN STATENS SKOGSFÖRSÖKSANSTALT  
HÄFTE 34 · N:r 11

---

Centraltr., Esselte, Stockholm 1945  
542211

MEDDELANDEN

FRÅN

STATENS  
SKOGSFÖRSÖKSANSTALT

HÄFTE 34. 1944—45

MITTEILUNGEN AUS DER  
FORSTLICHEN VERSUCHS-  
ANSTALT SCHWEDENS

**34. HEFT**

REPORTS OF THE SWEDISH  
INSTITUTE OF EXPERIMENTAL  
FORESTRY

**Nº. 34**

BULLETIN DE L'INSTITUT D'EXPÉRIMENTATION  
FORESTIÈRE DE SUÈDE

**Nº 34**





## INNEHÅLL:

	Sid.
FORSSLUND, KARL-HERMAN: Studier över det lägre djurlivet i nord-svensk skogsmark.....	1
Studien über die Tierwelt des nordschwedischen Waldbodens.....	265
NÄSLUND, MANFRED: Antalet provträd och kubikmassans noggrannhet vid stamräkning av skog .....	285
The Number of Sample Trees and the Accuracy of the Cubic Volume in Forest Estimation by Stem Accounting .....	307
PETRINI, SVEN: Tre försöksytor i aspskog .....	309
Three Sample Plots in Aspen Woods .....	325
PETRINI, SVEN: Om granrötans inverkan på avverkningens rotvärde .....	327
Über den Einfluss der Wurzelfäule der Fichte auf den Abtriebs-ertrag.....	340
FORSSLUND, KARL-HERMAN: Sammanfattande översikt över vid mark-faunaundersökningar i Västerbotten påträffade djurformer... ..	341
Zusammenfassende Übersicht über bei Waldbodenfaunauntersuchungen in Västerbotten (Nordschweden) angetroffene Tiere .....	363
FORSSLUND, KARL-HERMAN: Något om röda tallstekelns ( <i>Diprion sertifer Geoffr.</i> ) skadegörelse .....	365
Einiges über die Schädigungen der roten Kiefernbuschhornblattwespe ( <i>Diprion sertifer Geoffr.</i> ) .....	389
RENNERFELT, ERIK: Inverkan av tallkärnvedens fenolsubstanter på några blåytesvampars tillväxt jämte ett försök till kvantitativ mätning av blånadens intensitet .....	391
The Influence of the Pinosylvine Compounds on the Growth of Certain Blueing Fungi, with an Attempt at the Measurement of the Intensity of Blueing .....	413
Redogörelser för verksamheten vid statens skogsförsöksanstalt under åren 1941—1944 (Berichte über die Tätigkeit der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in den Jahren 1941—1944; Reports on the Work of the Swedish Institute of Experimental Forestry in 1941—1944) .....	417

	Sid.
WIKSTEN, ÅKE: Metodik vid mätning av årsringens vårved och höstved .....	45 <sup>I</sup>
A Method of Measuring Spring Wood and Summer Wood in the Annual Ring .....	493
BJÖRKMAN, ERIK: Studier över ljusets betydelse för föryngringens höjdtillväxt på norrländska tallhedar.....	497
On the Influence of Light on the Height Growth of Pine Plants on Pine-Heaths in Norrland .....	54 <sup>I</sup>
ROMELL, LARS-GUNNAR och MALMSTRÖM, CARL: Henrik Hesselmans tallhedsförsök åren 1922—42... ..	543
The Ecology of Lichen-Pine Forest Experiments (1922—42) by the late Dr H. Hesselman .....	616

---

---

# LARS-GUNNAR ROMELL OCH CARL MALMSTRÖM

---



## HENRIK HESSELMANS TALLHEDS- FÖRSÖK ÅREN 1922—42.

Bland professor HENRIK HESSELMANS efterlämnade papper på skogs-försöksanstalten finnes ett stort antal anteckningar från försök, som han utförde åren 1922—42 för att undersöka kvävesalters, ljusets, rot-konkurrensens och vissa markbearbetningsåtgärders inverkan på tallheds-plantors utveckling och betydelse för skogsväxten på tallhedar. Dessa anteckningar hade HESSELMAN hoppats att själv kunna publicera under loppet av år 1943, men genom hans svåra sjukdom och fränfalle samma år gäckades tyvärr dessa förhoppningar. Arbetet med offentliggörandet av professor HESSELMANS anteckningar har därför nu överlämnats till dr LARS-GUNNAR ROMELL.

Då de i denna avhandling beskrivna tallhedsförsöken ingått som led i en vid skogsförsöksanstalten (och där främst av professorerna HENRIK HESSELMAN och OLOF TAMM) sedan år 1906 bedriven tallhedsforskning, torde det vara lämpligt att i detta sammanhang lämna en historisk redogörelse för tallhedsforskningen vid försöksanstalten. Härigenom kan man lättare förstå orsaken till de här omskrivna försökens tillkomst.

Denna avhandling kommer därför att disponeras på sådant sätt, att i ett första kapitel (författat av undertecknad) en historisk redogörelse lämnas för tallhedsforskningen vid skogsförsöksanstalten. Häfter följa i tre kapitel (författade av ROMELL) redogörelser för nämnda tallhedsförsök av HESSELMAN och för de resultat dessa lämnat. I ett femte kapitel sammanfattas den tolkning av tallhedsproblemen man kan anse sig ha vunnit genom forskningen på området.

Under utarbetandet av denna avhandling ha värdefulla upplysningar lämnats dr ROMELL eller mig av jägmästarna B. E. ANDERSSON och PER BJÖRK, docenterna ERIK BJÖRKMAN och OLOF LANGLET, skogsmästare OSCAR HENRIKSSON, biblioteksamanuensen fru HELLEN MALMSTRÖM, f. d. kronojägare J. F. SUNDBERG och professor OLOF TAMM. För detta bistånd ber jag nu å bådas våra vägnar att hjärtligt få tacka.

Experimentalfältet den 10 mars 1945.

CARL MALMSTRÖM.

## Kap. 1. Tallhedsforskningen vid Statens skogsförsöksanstalt.

De lavrika skogarna eller tallhedarna, som de vanligen benämnas, höra till de skogstyper i Norrland, som mest uppmärksammas. Anledningen härtill är dels deras stora utbredning, dels — och icke minst — deras säregna utseende. De skilja sig genom lavtäcket på marken, den torftiga risvegetationen och de oftast i glesa förband eller i smärre grupper uppträdande träden skarpt från övriga norrländska skogstyper. Härtill komma de egendomliga, till synes nyckfulla föryngringsförhållandena. Inom vissa tallhedar eller delar av sådana förekomma mycket rika plantuppslag av tall, inom andra förekommer föryngring mera sparsamt. Stora växlingar råda även beträffande plantuppslagens växtlighet. Inom vissa tallhedar eller tallheds-partier äro plantuppslagen jämförelsevis växtliga, inom andra åter mycket oväxtliga och dåliga, varjämte ofta avgången är stor bland plantorna till följd av angrepp av parasitsvampar och stundom insekter. Ibland träffas föryngring (och ganska växtlig sådan) i rik anhopning under kronan av fristående äldre träd, men oftare råder det motsatta förhållandet: föryngringen är mycket sparsam under och i närheten av större träd och har i stället nästan helt slagit till inom öppnare partier. — Stora växlingar råda även i tallhedarnas uppträdande med hänsyn till ståndortens beskaffenhet. De förekomma icke endast på torra marker utan även på friska och t. o. m. något fuktiga.

Redan under senare hälften av 1800-talet började man i Norrland liksom i Finland mera målmedvetet studera tallhedarna ur skogsbiologisk synpunkt för att söka finna någon förklaring till tallhedarnas egendomliga skogsväxt och ej minst till de gåtfulla och stundom besvärliga föryngringsförhållandena.

Då skogsförsöksanstalten år 1906 genom HENRIK HESSELMAN började sina tallhedsundersökningar i Norrland hade därför ganska mycket redan skrivits om tallhedar i den skogliga litteraturen, och försök hade även gjorts att förklara tallhedarnas plantfördelning och föryngringssvårigheter. Som orsaker härtill hade sålunda anförts:

1. renlavens och risvegetationens undertryckande inverkan på tallplantorna (BLOMQVIST 1881, s. 147—149; HOLMERZ & ÖRTENBLAD 1886, s. 40; ÖRTENBLAD 1893, s. 110);
2. skaretrycket vid snötäckets smältande, varigenom plantorna pressas mot marken och skadas (ÖRTENBLAD 1884, s. 174—175; 1902, s. 110; HOLMERZ & ÖRTENBLAD 1886, s. 40);
3. renbetet (GROTH 1888, s. 55—57; FORSSTRÖM 1889; ÖRTENBLAD 1893, s. 110; LUNDSTRÖM 1895, s. 26) och
4. torka i marken (LUNDSTRÖM 1895, s. 15 o. 26; ÖRTENBLAD 1902, s. 110).

Den första uppgiften för HESSELMAN i hans tallhedsforskning blev att söka närmare pröva dessa i litteraturen framförda förklaringars giltighet. Som undersöknings- och observationsområde för denna prövning valdes en tallhed vid Fagerheden på Piteå revir.

Denna tallhed, vilken utbildats på sand, ligger på norra stranden av Rokån. Den ger i allmänhet ett torftigt intryck både genom markbetäckningens sammansättning och trädbeståndets gleshet. Glesheten står dock delvis i samband med avverkningar.

Tallheden på Fagerheden utgör ett vackert prov på tallhed med rik och ganska utvecklingsbar föryngring under kronorna av äldre, fristående träd. Även å de öppna partierna mellan träden träffas föryngring, ofta till och med rikligt, men endast som helt låga och ytterligt långsamt växande plantor.

Prövningen av de i litteraturen redan framförda förklaringarnas giltighet utfördes somrarna 1906, 1908 och 1909 och en del av hösten 1909. Resultaten av denna prövning framlade HESSELMAN i en år 1909 utkommen verksamhetsberättelse för den botaniska avdelningen för åren 1906—08 (HESSELMAN 1909, s. 30—32) och utförligt i avhandlingen »Studier öfver de norrlandska tallhedarnas föryngringsvillkor. I.» (HESSELMAN 1910, s. 25—68).

Vid denna prövning kom HESSELMAN till det resultatet, att renlavstäckets och skaretrycket lika litet som renbetet ensamma kunna vara orsaker till tallhedarnas egendomliga plantfördelning och föryngringssvårigheter. Lokalt kunde de dock vara av en viss betydelse för dessa fenomenens uppkomst.

För att få en uppfattning om markfuktighetens roll som föryngringshinder etc. på tallheden vid Fagerheden gjorde HESSELMAN jämförande undersökningar över fuktighetsmängden i marken, dels inom öppna partier mellan träden, där endast låga och oväxtliga plantor funnos, dels under träd och trädgrupper, där föryngringen gick relativt väl till.

Dessa undersökningar gävo vid handen, att inom de öppna, enbart med oväxtliga plantor bevuxna partierna de översta mineraljordslagren (= blek- och rostjordslagren) innehålla betydligt mer fuktighet än motsvarande lager under träd och trädgrupper. (Så var fallet icke endast efter regn, utan även under verkliga torrperioder.) På något större djup (c:a  $\frac{1}{2}$  m under markytan) råder en viss växling, men i regel är även på detta djup fuktigheten större inom öppna än inom trädbevuxna partier. — Fuktighetsundersökningarna på Fagerheden visade även, att inom öppna partier blekjorden och rostjorden generellt äro betydligt fuktigare än den mera oomvandlade mineraljorden på  $\frac{1}{2}$  m djup.<sup>1</sup> Under trädgrupper är detta lika-

<sup>1</sup> Den större fuktigheten i blek- och rostjordsskikten i förhållande till i närmast underliggande mera oomvandlade mineraljordslager tillskrev HESSELMAN blek- och rostjordens (av vittringen förorsakade) höga finjordshalt med därav följande större vattenkvarhållande förmåga.



ledes oftast fallet, men motsatsen kan inträffa. Trädens vattenförbrukning i samband med transpirationen åstadkommer härutinnan oregelbundenheter.

Beträffande humustäckena visade dock undersökningarna oftast ett rakt motsatt förhållande, nämligen större fuktighet under träd och trädgrupper än inom öppna partier. Detta förhållande tillskrev HESSELMAN avdunstningens olika styrka på de skilda ställena. — Resultatet angående fuktigheten i humustäcket liksom resultaten rörande fuktighetsfördelningen i mineraljorden överensstämde sålunda gott med vad E. EBERMAYER redan på 1860-talet funnit i samband med sina då utförda fuktighetsundersökningar i skogsmark (se EBERMAYER 1873, s. 218—232) och som senare verifierats av flera andra forskare (se E. RAMANN 1893, s. 20; idem 1905, s. 336—343 och där citerad litteratur).

Av resultaten av dessa nu i största korthet återgivna fuktighetsundersökningar på Fagerheden drog HESSELMAN den numera i allmänhet vedertagna slutsatsen, att det icke ensamt är brist på fuktighet i de övre mineraljordslagren, som gör att på hedar av Fagerhedens typ planter inom mera öppna partier ha svårt att gå till. Endast det tunna (1—2 cm mäktiga) humustäcket är abnormt uttorkat.

Denna prövning av de i litteraturen redan framförda orsakerna till tallhedarnas plantfördelning och föryngringssvårigheter gav sålunda klart vid handen, att dessa orsaker icke eller endast till en del kunna förklara tallhedarnas föryngringsproblem. Det måste alltså finnas även andra orsaker.

Redan medan HESSELMAN höll på med prövningen av fuktighetens roll, leddes han så småningom, därtill säkerligen i hög grad påverkad av resultaten av A. MÖLLERS (1902, 1903), R. ALBERTS (1905) samt P. E. MÜLLERS och FR. WEIS' (MÜLLER & WEIS 1906) forskningar över skogsväxtbetingelserna å olika marker eller jordar, över till den tanken, att huvudorsaken till tallhedarnas långsamma föryngring var att söka framför allt i humustäckets beskaffenhet. Han utlovar också i sin tallhedsavhandling av år 1910 (se s. 32, 45 och 65), att skogsförsöksanstalten skall fortsätta med tallhedsstudier och närmast ägna uppmärksamhet åt humustäckets beskaffenhet, mineraljordens halt av ur växtnäringssynpunkt värdefulla ämnen och tallhedsplantornas sjukdomar. — Sommaren 1909 anlades också på Fagerheden ett kulturförsök för att undersöka i vad mån man genom olika åtgärder, direkt inriktade på humustäcket, skulle kunna sätta tallhedarna i mera skogsproduktivt skick.

Mellan åren 1910 och 1916 ägnade HESSELMAN de norrländska tallhedsproblemen ett mycket intresserat studium. Undersökningarna förlades nu icke blott som förut till Fagerheden utan också till flera andra hedområden i Norrland, bland vilka särskilt de, vilka ligga nära Jörns järnvägsstation

och på Ö. Jörnsmarkens kronopark i Jörns revir, må nämnas. På sistnämnda kronopark utlade HESSELMAN år 1911 ett större försöksfält inom tallhed på morän, som parallell till det å Fagerheden, vilket som redan nämnts ligger på sand.

Under studierna av humustäckets beskaffenhet och under påverkan av nyss nämnda forskares resultat kom HESSELMAN snart till den uppfattningen att tallhedarnas stundom besvärliga föryngringsförhållanden i främsta rummet sammanhånga med att kvävet i humustäckena, särskilt inom öppnare partier, är så svårtillgängligt för plantväxten.

Denna sin uppfattning framlägger HESSELMAN i tryck år 1912 i en berättelse över verksamheten vid den botaniska avdelningen under treårsperioden 1909—11, där han också skisserar upp ett program för den fortsatta tallhedsforskningen vid avdelningen. Som denna redogörelse ger ett gott begrepp om HESSELMANS dåtida syn på tallhedsproblemet och även förklarar flera nya försöks tillkomst, återges här nedan vissa delar av densamma (s. 35—38):

»— — — De vid afdelningen bedrifna undersökningarna ha emellertid sökt utreda den olika beskaffenheten hos humustäcket på de kala och på de bevuxna partierna i de svårföryngrade tallhedarna.

Humustäcket har bl. a. den betydelsen i skogsmarken, att det innehåller ett större eller mindre förråd af kväfve, som så småningom i den ena eller andra formen kommer växterna till godo. Humustäckets värde i detta afseende beror emellertid icke på kvävfeförrådets storlek utan på den omständigheten, om kvävfeföreningarna kunna upptagas af växternas rötter eller ej. Upprepade och noggranna undersökningar ha visat, att i humustäcket på våra tallhedar aldrig bildas ammoniak eller salpetersyra, utan att de befintliga kvävfeföreningarna ha en mera komplicerad sammansättning. Å andra sidan är det genom MÖLLERS undersökningar konstateradt, att tallen kan tillgodogöra sig det kväfve, som finns i ett råhumustäcke. För att utröna, om kvävet är bundet på olika sätt i de olika humusformerna på tallhedarna, ha vid afdelningen utförts omfattande undersökningar öfver kvävfeföreningarnas löslighet i vatten. Det har därvid visat sig, att kvävet i humustäcket på de kala fälten är vida mer svårslösligt än kvävet i humustäcket under växande skog, och att vid förmultning kväfve till större mängd lösliggöres i humustäcket på de bevuxna ställena än på de kala fälten. — — — Vidare har det visat sig, att den procentiska mängden af i vatten lösligt kväfve ökas, när tallen växer upp, så att den beskuggar marken, d. v. s. ungefär samtidigt med att tallen börjar att visa en lifligare höjdtillväxt än förut. — — —

Humustäckets olika beskaffenhet på olika platser i tallhedarna har gifvit normen för anläggande af försöksfält för utpröfvandet af lämpliga kultur-

metoder. För att redan från början förse de unga tallplantorna med ett någorlunda lättillgängligt kvävförråd har torf användts som gödselmedel.<sup>1</sup> Noggrant utmäta torfkvantiteter (växlande mellan 2 och 10 liter) ha tillsatts hvarje såddgrop. — — — Orsaken till att så små torfkvantiteter användts vid kulturerna ligger däri, att den hufvudsakliga svårigheten för plantornas utveckling förefinnes i ungdomen. När beståndet blifvit äldre och börjat att beskugga marken, synas svårigheterna försvinna. Torfgödslingen afser sålunda närmast att påskynda plantornas utveckling under de första kritiska åren.

De hittills utförda undersökningarna räcka emellertid icke till för en fullt tillfredsställande vetenskaplig förklaring angående föryngringssvårigheterna å tallhedarna. Härför fordras ytterligare dels kulturförsök med tallplanter i olika humusformer, dels ock en närmare utredning angående den inverkan, som elden har på näringsomsättningen i marken. — — — En undersökning af eldens inverkan har så till vida ett stort intresse för denna fråga, att tallen å brända marker ofta redan från början visar en snabb och hastig utveckling, i motsats till vad fallet är på tallhedarna.»

Efter publicerandet av denna preliminära redogörelse av år 1912 fortsätter HESSELMAN på den inslagna vägen att närmare studera sambandet mellan humuskvävet och plantornas utvecklingsbetingelser.

Försöken med torvgödsling på de båda försöksfälten följas noga. Talrika humusprov insamlas från olika partier av tallhedarna, och dessa undersökas med hänsyn till förmågan att vid lagring bilda nitrater. Dessa prov ge dock även efter en längre tids lagring negativa resultat. Ingen nitrifikation av humuskväve observeras sålunda, vare sig i humusprov från öppna partier eller från trädbevuxna.

Snart gör HESSELMAN emellertid en observation, som leder honom till samma tanke beträffande humuskvävet hos nordsvenska tallhedar, som tidigare framförts av FR. WEIS beträffande humuskvävet i dansk hedjord (WEIS 1908), nämligen att detta under vissa förhållanden är nitrifierbart. Under vandringar över tallhedar finner han att utmed stigar och vägar, där jorden blifvit omrörd, liksom i grusgropar, *Chamaenerium* och andra salpeterindicerande växter emellanåt förekomma och gör på grundval av denna iakttagelse troligt, att ehuru humuskvävet under normala förhållanden ej nitrifieras i våra tallhedar, det dock efter humusens blandning med mineraljord kan bringas att nitrifiera.

HESSELMAN försöker nu komma till rätta med tallhedsplantornas försörjning med för dem lättillgängligt kväve genom att åstadkomma omblandning av humustäcket och den närmast underliggande mineral-

<sup>1</sup> Dessa försök hade gjorts år 1909 på Fagerhedens försöksfält och år 1911 på försöksfältet på Ö. Jörnsmarkens kronopark. De reviderades 1915—16, jfr Hesselman 1917.

jorden. Han börjar därför med markberedningar i form av markhackning eller harvning, delvis i samarbete med dåvarande jägmästaren på Jörns revir, nuvarande överjägmästare JOHN WALLMARK.

Redan vid slutet av 1800-talet hade man i den skogliga praktiken funnit, att en kalhuggning på en tallhed emellanåt har ett icke ringa stimulerande inflytande på plantväxten. »För att», såsom han skrev (1917 *b*, s. 1248—1249), »undersöka vad enbart en kalhuggning kan ha för inflytande på de oväxtliga plantornas utveckling» lät HESSELMAN år 1913 kalhugga en större yta på Fagerheden.

Året därpå utlade HESSELMAN på Fagerheden även ett s. k. rotkonkurrensförsök för att studera i vad mån tallplantornas långsamma utveckling på heden kan förorsakas av konkurrensen med de äldre trädens vitt utgrenade rötter om markfuktigheten och den tillgängliga näringen; en åsikt, som länge hade haft företrädare inom den skogliga litteraturen (se exempelvis H. COTTA 1828, s. 91, B. BORGGREVE 1885, s. 90 och K. FRICKE 1904, s. 315—325). Ett mindre område, endast bevuxet med smärre, oväxtliga tallplanter, omgavs fördenskull med ett något mer än fotsdjupt dike (se HESSELMAN 1917 *b*, s. 1249—1250). Härigenom avskuros rötter, som de omgivande större träden sänt ut på den isolerade ytan och som kunde tänkas konkurrera med småplantorna om fuktigheten och näringen i marken.

Jämsides med alla nu berörda undersökningar ägnade HESSELMAN under åren 1910—16 mineraljordens halt av ur växtnäringssynpunkt värdefulla ämnen uppmärksamhet. Den tanken låg ju nära, att tallhedens dåliga växtbetingelser och föryngringssvårigheter också skulle kunna bero på näringsfattig mineralgrund.

Från samma områden på tallheden vid Fagerheden, där fuktighetsmätningar och undersökningar över humustäckets beskaffenhet utförts, insamlade därför HESSELMAN prov i och för kemisk analys av blekjord, rostjord och underliggande, mera oomvandlade mineraljord. Flertalet av dessa prov analyserades på de mineraliska beståndsdelar, som lösas vid provets kokning i 20-procentig saltsyra under 1 timme. En del prov underkastades fullständig analys (bausch-analys).

Dessa undersökningar (se HESSELMAN 1917 *b*, s. 1234—1237) gävo vid handen, att mineraljorden (sanden) på Fagerheden ingalunda kan rubriceras som fattig. Ehuru tallheden vid Fagerheden gör ett magert intryck och är bevuxen med företrädesvis långsamt växande skog, visa dock analyserna att mineraljorden på Fagerheden har högre halter av näringsämnen än exempelvis de sandjordar, som i norra Tyskland tillhöra näst högsta bonitetsklassen för tall.

Detta resultat styrkte HESSELMAN ytterligare i hans uppfattning, att tallskogens dåliga växt på Fagerheden framför allt dikteras av ogynnsamma kväveförhållanden och det dåliga marktillståndet samt av klimatet.

HESSELMAN hade sålunda nu i sin forskning mer och mer kommit till den uppfattningen att tallhedsproblemet till sin grundnatur är ett markbiologiskt och delvis klimatologiskt problem och att dess geologiska sida i jämförelse därmed var av mindre intresse. Trots detta fortsattes ett studium av tallhedarna ur geologisk-geografisk synpunkt på skogsförsöksanstaltens naturvetenskapliga avdelning av OLOF TAMM, sedan denne år 1915 fästs vid försöksanstalten. — Resultaten av denna TAMMS forskning komma att beröras längre fram.

Som redan nämnts ingick i det skisserade programmet för skogsförsöksanstaltens tallhedsundersökningar även ett studium av tallhedsplantornas sjukdomar. Ett sådant studium kom också 1910 till stånd genom dåvarande assistenten vid försöksanstalten TORSTEN LAGERBERG. Genom denna undersökning, vilken till icke ringa del förlades till Fagerheden och Ö. Jörnsmarken, erhöles en mycket vidgad kännedom om de parasitsvampar, som pläga uppträda på norrländska tallhedar och där ofta åstadkomma svår skadegörelse. Även några fiender inom insektsvärlden, som spela en ödesdiger roll för återväxten på tallhedar, blevo samtidigt föremål för studium. Huvudresultaten av dessa undersökningar äro nedlagda i det av LAGERBERG år 1912 publicerade arbetet »Studier öfver den norrländska tallens sjukdomar».

År 1917 publicerade HESSELMAN sin stora avhandling »Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor. II». Han redogör i denna för alla de forskningar på tallhedsområdet, som han utfört mellan åren 1910—16. Men han ger också i denna avhandling på grundval av sina forskningsresultat en del råd och anvisningar för tallhedarnas skogliga behandling ur föryngringssynpunkt. Som dessa råd och anvisningar ha ett stort intresse och rymma flera för sin tid nya och beaktansvärda synpunkter, torde det vara lämpligt att här in extenso återgiva det väsentligaste av dem (s. 1265—1268).

»Svårigheterna med tallhedarnas föryngring ligger i att bereda plantorna en lagom och lämplig kvävetillförsel samtidigt som man sörjer för en god och riklig ljustillgång. Bristen i detta förra avseendet är, såvitt jag har kunnat tolka tallhedsproblemet, huvudorsaken till plantornas dåliga utveckling på de öppna partierna i tallhedarna. I detta avseende kan man spåra olika

gradationer hos olika tallhedar, beroende på deras föregående behandling, jordmån etc. När man i ett någorlunda väl slutet tallhedsbestånd på en gång öppnar en ordentlig föryngringsyta, är efter allt att döma kvävetillgången vida bättre än på de sedan länge öppna fälten. Under sådana förhållanden finns nämligen ett mera gynnsamt beskaffat humustäcke. Föryngringen kan då försiggå ganska lätt. — — — När det gäller att i praktiken sörja för tallhedarnas föryngring, så synes mig det viktigaste vara att tillvarata vad som redan finns av ungplantor. I nästan alla tallhedar, även de nordligare t. ex. i Gellivaretrakten, finns det ofantligt gott om små, till utseendet alldeles oväxtliga plantor, vilka på grund av vidriga omständigheter till övervägande antal dö, innan de komma till någon vidare utveckling. De ha emellertid en förvånansvärd livskraft. När förhållandena bliva gynnsamma, utveckla de sig till kraftiga, goda plantor. Det gäller därför att befordra deras utveckling. Till detta hör, att man sörjer för ett rikligt ljustillträde och en förökad kvävetillförsel. Det första är lätt att åstadkomma genom att upptaga ordentliga föryngringshyggen, det andra är ej svårare, men vida kostsammare.»

HESSELMAN rekommenderar nu som lämplig åtgärd att förbättra kvävetillgången tillförsel av kvävehaltig torvjord, som i smärre portioner nedgräves i marken eller blandas med mineraljorden. Dessutom föreslår han markberedning genom körning med bl. a. fjäderharv. Han hade ju själv, som redan anförts, funnit att i händelse tallhedshumus blandas med mineraljord en nitrifikation i många fall äger rum. Visserligen dödas eller skadas vid dylik markberedning ett icke ringa antal plantor, men det torde alltid finnas tillräckligt många, som undgå fjäderharvens grepp och komma till en bättre utveckling.

Vidtoges dylika markförbättrande åtgärder, som ge bättre utvecklingsmöjligheter åt de talrikt förekommande småplantorna, hade man utsikter att erhålla väl slutna bestånd, så framt icke angrepp av parasitsvampar och skadeinsekter komme störande emellan. Genom att sköta markerna så att man får upp ett väl slutet bestånd, kan man, som HESSELMAN till sist framhåller, »alltid hoppas på att förbättra marktillståndet. Humuslagret tilltar då och får en bättre beskaffenhet, fuktigheten i humustäcket höjes, mossor kunna invandra. Omsättningen kommer att förlöpa på ett för skogen gynnsammare sätt, markens produktionsförmåga kan härigenom så småningom höjas.»

Sedan HESSELMAN utgivit sitt ovan berörda stora arbete om tallhedarna, sysslade han under de närmaste fem åren icke lika mycket som förut med tallhedsundersökningar. Han följde emellertid sina gamla försök med bl. a. torvgödsling (utan att siffermässigt revidera dem). Tallhedsstudierna upptogs med kraft igen år 1922, då HESSELMAN började att mera strängt

analytiskt än tidigare pröva bärkraften hos sina tallhedsteorier. Han drog i växthuset vid Experimentalfältet upp tallplantor i krukor fyllda med humushaltig sand från dåligt kalfält och från tallgrupp vid Fagerheden, och han gödslade med rena kvävesalter dels i växthuskulturerna, dels på småytor på dåliga kalfält vid Fagerheden. Växthusförsöken (se HESSELMAN 1927) gåvo som väntat sämre plantor i jord från kalfältet än i jord från tallgruppen, och kvävegödslingen verkade gynnsamt, men den kunde icke upphäva skillnaderna i plantornas utveckling i olika slag av humus. Kvävegödslingsförsöken på småytor på tallheden vid Fagerheden, vilka 1924 kompletterades med en ny serie, skola närmare beskrivas i kapitel 2.

Under åren 1919—23 publicerade V. T. AALTONEN fyra betydande arbeten över de nordfinska tallhedarna och deras förnygringsvillkor (se AALTONEN 1919, 1920 *a*, *b* och 1923). AALTONEN tillskriver i dessa avhandlingar rotkonkurrensen en mycket stor betydelse för uppkomsten av tallhedarnas egendomliga plantfördelning och för tallhedsplantornas stundom stora svårigheter att utvecklas. I motsats till HESSELMAN hade dock AALTONEN huvudsakligen utfört sina undersökningar på tallhedar av den typ, där förnyringen är mycket sparsam under och i närheten av större träd, men i stället slagit till inom öppnare partier.

Ehuru HESSELMAN var skeptisk mot denna AALTONENS uppfattning — han hade såsom redan nämnts själv 1914 anlagt ett rotkonkurrensförsök på Fagerheden, men detta hade ännu på 1920-talet icke givit något positivt resultat — ville han dock icke negligera den. För att ytterligare pröva rotkonkurrensens möjligheter att förklara vissa av tallhedarnas mysterier anlade HESSELMAN därför år 1924 ett nytt isoleringsförsök. Detta förlades till den under GUNNAR SCHOTTES personliga överinseende stående Svartbergets försökspark vid Vindeln på en tallhed med grovmo, där förnyringen (särskilt den utvecklingsbara) till största delen var bunden till öppnare partier mellan träden.

I försöket, som kompletterades 1928 och 1932 och närmare beskrives i kap. 4, kunde man på flera år icke se någon tydligare effekt av rotisoleringen. Detta styrkte HESSELMAN ytterligare i hans gamla uppfattning, att rotkonkurrensen icke spelar någon nämnvärd roll för plantfördelningen och plantornas utvecklingsmöjligheter på tallhedar. Han demonstrerade också år 1929 under Internationella skogsförsöksanstaltskongressens besök på Svartbergets försökspark isoleringsytorna från år 1924 som exempel på rotkonkurrensens ringa betydelse å tallhedar (jfr MOORE 1929, s. 877 och 1930, s. 232, och TOUMEY & KIENHOLZ 1931, s. 27). Det framkallade gensagor särskilt från professor L. FABRICIUS (se SCHARD 1929, s. 574), som stödd på egna rotisoleringsförsök (se FABRICIUS 1927, 1929) ansåg, att rot-

konkurrensen borde göra sig gällande även på tallhedar, och uppmanade HESSELMAN att avvakta ännu en tid. Själv trodde han, att reaktion snart skulle visa sig på isoleringsytorna.

Professor FABRICIUS' profetia gick i uppfyllelse. Senast 1931 (se kapitel 4 och HESSELMAN 1934, s. 320) började skillnader, ehuru icke särskilt stora, att visa sig mellan de rotisolerade ytorna och deras omgivningar i vegetationens växtkraft och färg. Skillnaderna ökade under följande år. Isoleringsytorna med sina ganska täta och växtliga plantbestånd stucko därför redan 1934 (se WRETILIND 1934 a, s. 282) rätt skarpt av mot närmast omgivande delar av heden. HESSELMAN böjde sig nu inför dessa vittnesbörd och erkände öppet det berättigade i de av AALTONEN, FABRICIUS och TOUMEY hävdade uppfattningarna om rotkonkurrensens betydelse. — När Nordiska Skogskongressen år 1937 besökte Svartbergets försökspark, demonstrerade HESSELMAN återigen sina rotisoleringsförsök, därvid framhållande rotkonkurrensens betydelse vid sidan av ljuset för plantväxten och plantfördelningen å tallhedar (P. BJÖRK 1937, s. 313, och kapitel 4 i denna uppsats).

I augusti 1932 anlade HESSELMAN på Åhedens kronopark SO om Vindeln ett nytt kompletterande rotkonkurrensförsök på tallhed å sand. Försöket beskrives närmare i kapitel 4.

Samtidigt som nu beskrivna rotkonkurrensförsök pågingo, bedrev HESSELMAN även markberedningsförsök för att pröva den stimulerande effekt en omblandning av humustäcket och underliggande mineraljord kunde ha på plantväxten, alltså en komplettering av markberedningsförsöket på Fagerheden. År 1924 utlade han sålunda på Åhedens kronopark ett större markberedningsförsök, omfattande två serier med vardera 6 avdelningar: 2 bearbetades med Kolmodinplog, 1 ruthackades, på 2 upphackades hela markytan och 1 avdelning lämnades orörd som jämförelseyta. En serie lades på kalhygge, en i beståndet intill.

Om detta försök, vilket mycket intresserade HESSELMAN, blev han tyvärr icke i tillfälle att publicera något utöver en kort redogörelse i en verksamhetsberättelse från skogsförsöksanstalten för femårsperioden 1927—31. Som denna redogörelse har ett icke ringa intresse ur principiell synpunkt vill jag här återge densamma (se HESSELMAN 1934, s. 320): Markberedningsförsöken på Åhedens kronopark »ha under femårsperioden närmare studerats, dels med hänsyn till plantutvecklingen, dels med hänsyn till markomvandlingen. Den senare undersökningen har visat, att en markberedning, som gynnar plantutvecklingen, medför en omvandling av humustäckets egenskaper. Markberedningens gynnsamma inverkan beror sålunda icke, åtminstone icke



enbart, på en ökad fuktighet i de översta jordlagren utan på en verklig markomvandling.» — Detta försök behandlas närmare i kapitel 3.

I HESSELMANS tallhedsforskning ingick också ett studium av ljusets betydelse för tallplantornas utveckling och markomvandlingen. Redan har nämnts (sid. 549) hans kalhygge av år 1913 på Fagerheden för att studera frågor, sammanhängande med ljuset. Han uppfattade tidigt (1906; 1910, s. 25, 37—41) ljuset som en huvudfaktor i den nordsvenska tallhedens och tallens ekologi. Sedermera (1917 *a*, s. 928—930, 975; 1927, s. 340—43) kom han även att i ljustillträdet till marken se en faktor av största vikt för kväveomsättningen i marken. Hans intresse för ljuset som ekologisk faktor stegrades under 1930-talet, sedan han hade kommit i närmare beröring med den amerikanske skogsforskaren dr P. R. GAST, som 1929—30 och hösten 1935 utförde experimentella undersökningar vid skogsförsöksanstalten över tallplantors utveckling (i krukor) i olika jordar och vid olika starkt ljus.

GASTS undersökningar (se GAST 1937 och HESSELMANS resumé av uppsatsen på svenska) gävo som resultat (sid. 682): »Utan kvävemobilisering i humustäcket blir plantutvecklingen svag, även om ljustillgången är god. En god kvävemobilisering kan å andra sidan ej utnyttjas, om ej belysningen når en viss intensitet. Vid vissa belysningsgrader kan god kvävetillgång ersätta en viss ljusbrist.»

Till komplettering av undersökningarna över rotkonkurrensen på tallhed inom Svartbergets försökspark och Åhedens kronopark lät HESSELMAN under somrarna 1937 och 1938 O. LANGLET och E. BJÖRKMAN utföra ljusmätningar. Se närmare härom i kapitel 4.

Hösten 1938 ansåg sig HESSELMAN färdig med de tallhedsundersökningar berörande markberedningen, rotkonkurrensen och ljuset, vilka han bedrivit sedan 1917, då Del II av hans »Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor» utkom. Han började omedelbart att sammanställa undersökningsresultaten i och för publicering, och han hoppades också att bli färdig med en sådan publikation, innan han som pensionerad avgick från försöksanstalten. En sådan publikation kom dock ej ut, utan han sköt på publicerandet år från år, ehuru han ofta nämnde (särskilt i slutet av år 1942), att han hoppades att avhandlingen icke skulle länge låta vänta på sig.

Orsaken till detta dröjsmål, vilket var mycket olikt HESSELMAN, som annars så konsekvent och raskt brukade fullfölja vad han föresatt sig, kan nog ej enbart tillskrivas hans klena hälsa efter 1939 utan även en viss osäkerhet inför tolkningen av vissa av de frågor, som skulle behandlas i hans nya tallhedsavhandling. Denna osäkerhet vållades framför allt av svårigheten att ta ställning till de nya åsikter, som L.-G. ROMELL åren 1934 och 1938 framfört rörande naturen av vissa av de effekter man möter vid mark-

bearbetning, på rotkonkurrensytor och i lagringsprov av humus för fastställande av kvävemobiliseringen.

År 1934 publicerade L.-G. ROMELL sitt arbete »En biologisk teori för mårbildning och måraktivering», vilket året därpå i omarbetat skick utkom på engelska under titeln »Ecological problems of the humus layer in the forest». I dessa arbeten går ROMELL till rätta med de härskande åsikterna om mårbildning (= råhumusens uppkomst och natur) och om aktivering av (= stimulerad omsättning i) mår. Han klarlägger skillnaden mellan råhumus och mull och på ett vidare sätt än förut diskuterar han de omständigheter, under vilka omsättningen i humustäcket försiggår. Flera förut obeaktade förhållanden påpekas, vilket gör att riktigheten av vissa äldre uppfattningar om omsättningen icke kan undgå att dragas i tvivelsmål eller åtminstone att dessa uppfattningar få en mera begränsad räckvidd än som förut antagits.

Här är ej platsen att ingå på en detaljerad redogörelse för innehållet i dessa arbeten, utan jag vill endast uppehålla mig vid några avsnitt berörande tolkningen av de effekter, som möta vid markberedningsförsök av det slag HESSELMAN utfört.

Den gynnsamma effekt, som HESSELMAN ansåg att man kunde framkalla genom markberedning, var en förbättring av kvävenäringsnivån för de unga plantorna. Denna förbättring ansågs ha sin orsak i att humuskvävet lättare mobiliseras, om humusen blandas med mineraljord. Mineraljorden skulle göra samma nytta som askan gör efter bränning.

Ehuru ROMELL icke fränkänner dessa förklaringar sitt berättigande, särskilt i fråga om bränningens verkan, anser han dock att den allmänna förbättring av omsättningstypen, som kan bli en följd av markberedningen, mera står i samband med att vid denna åtgärd en massa underjordiska växtdelar, såsom rötter och svampmycel, slitas av och dö. Härigenom åstadkommes dels en gödsling underifrån med ovissnat och för den skull kväverikt växtmaterial (liksom vid en grüngödsling), dels en ändring i konkurrensförhållandena och därmed tillgången på näring för den kvarvarande växtligheten (däri inbegripet svamp- och bakteriefloran i marken).

ROMELL framhåller också i dessa avhandlingar de stora vanskligheter, som äro förknippade med fastställandet av kvävemobiliseringen i ett humustäcke med ledning av lagringsprov. Vid insamling av humusprov lösryckas rötter och svampmycel ur sitt naturliga sammanhang, och de som dö börja snart förmultna. Omsättningen (och kvävemobiliseringen) i lagringsprov måste därför bli en annan än i humustäcken ute i naturen.

I senare skrifter (ROMELL 1938 *a* och *b*) diskuterar ROMELL på basis av egna isoleringsförsök i Orsa besparingskog orsakerna till de gynnsamma för-

ändringar i vegetationens yppighet och ofta även sammansättning, som bruka inträda å ytor där rotkonkurrensen hävts. Stor betydelse tillskriver ROMELL även i detta fall en gödsling underifrån med kväve och andra näringsämnen, vilka frigjorts i samband med förmultningen av de vid isoleeringen dödade rötterna med deras mykorrhizor. Han kompletterar sålunda den gängse uppfattningen om orsakerna — nämligen att de gynnsamma växtbetingelserna på isoleringsytorna endast skulle bero på de goda fuktighetsförhållandena och en reducerad konkurrens om den tillgängliga näringen — med en ny, bärande synpunkt.

Som redan å sid. 550 nämndes, började OLOF TAMM kort efter att han år 1915 fästs vid försöksanstalten med omfattande undersökningar över tallhedarnas uppträdande i förhållande till geologi och klimat och i samband därmed om jordmånsbildningen hos tallhedar.

Resultaten av dessa undersökningar äro nedlagda i framför allt följande avhandlingar, publicerade i Meddelanden från Statens skogsförsöksanstalt: »Markstudier i det nordsvenska barrskogsområdet» (1920), »Studier över jordmånstyper och deras förhållande till markens hydrologi» (1931) och »Om de lågproduktiva sandmarkerna å Hökensås och i övre Lagadalen» (1937). En sammanfattning av alla sina rön beträffande tallhedsproblemet ger han i sin år 1940 utkomna handbok »Den nordsvenska skogsmarken».

Av dessa undersökningar (se framför allt TAMM 1940, s. 228—231) framgår, att tallhedar kunna träffas på praktiskt taget vilket geologiskt underlag som helst utom leror och starkt leriga andra jordarter. De förekomma ock ofta på hållmarker och berghällar. På mjåla äro tallhedar emellertid sällsynta. Tallhedar uppträda allmänna på grus, sand, grovmo och grovkorniga (grusiga och sandiga) moräner. Som dylika jordslag äro de mest vattengenomsläppliga och ha den lägsta vattenkapaciteten, bli ståndorterna för många tallhedar torra. Detta framgår av markprofilförhållandena; den s. k. skarpmarkspodsolen eller lavpodsolen och den s. k. intermediära järnpodsolen förekomma i betydande utsträckning hos marker intagna av tallhed. Många tallhedar uppträda dock på marker, vilka ingalunda kunna betecknas som torra, utan friska eller t. o. m. något fuktiga. Detta återspglas i markprofilen, som kännetecknas av normal järnpodsol resp. järnhumuspodsol (se TAMM 1940, s. 150 och 155).

Tallhedar uppträda enligt TAMM också på mycket olika marker med hänsyn till mineralogisk sammansättning. Vissa tallhedsmarker äro mineralogiskt rika, andra åter mycket fattiga, och mellan dessa ytterligheter finnas alla övergångar. Inom södra Sverige äro de sparsamt förekommande tallhedarna merendels strängt bundna till mineralogiskt fattiga områden. Inom Härjedalens och övre Dalarnas mineralogiskt svaga sandstens-, kvartsit- och por-

fyrområden ha tallhedar stor utbredning. Som i många av dessa senare tallhedar sumpmossor fläckvis ingå i markbetäckningen och markprofilen då är järnhumuspodsol, kunna de vara långt ifrån torra. Detta tyder starkt på att en mineralogisk svaghet hos marken också kan bidra till uppträandet av tallhedar.

Ett mycket stort antal tallhedar uppträda emellertid på marker, som varken äro särskilt torra eller mineralogiskt svaga. Framför allt gäller detta tallhedar på vanliga moräner.

Mellan tallhedarnas förekomst och klimatet finnes ock ett visst samband. Tallhedar saknas sålunda eller äro sällsynta inom starkt humida trakter (t. ex. höjdlägen). Tallhedar på morän bli allmänna norrut, ett förhållande, som J. E. WRETLIND (1931) vill ställa i samband med den norrländska sommarens relativa nederbördsfattigdom och med snösmältningsvattnets snabba avrinnande om våren ovan kvardröjande tjäle.

## Kap. 2. Kvävegödslingsförsök.

### 1. Plan.

Den glest grupp vuxna skarpa tallheden stod för HESSELMAN som den för övre Norrland typiska, och han valde tidigt ut ett försöksfält med sådan tallhed för att där söka få klarhet i vad han såg som kärnfrågan: orsaken till att luckornas många plantor hålla sig så oväxtliga och icke komma någon vart. Fältet ligger på sand vid Fagerheden i Norrbotten. HESSELMAN har beskrivit och avbildat heden (1910, s. 31 ff.) och några försök han gjorde där (1917 *b*, fig. 9, 10, 15 och 16).

De nya försök det här skall bli tal om lade HESSELMAN ut åren 1922 och 1924 helt nära de gamla, strax söder om kronojägarbostället, invid och väster om vägen Fagerheden—Rokliden. Det är gödslingsförsök på små ytor, som under 13 somrar vattnades med kvävehaltiga lösningar. Till jämförelse fingo andra ytor destillerat vatten.

Ytorna lades i en av hedens luckor, omgiven av medelstora tallar och enstaka granar (fig. 1). Luckan var kal så när som på små oväxtliga tallplantor, enstaka små granplantor och några margranar. Där var lågvuxen ljung med något lingon och kråkbär. Marken skyldes (aug. 1937) till omkring 60 % av en matta av mest renlav: *Cladonia rangiferina*, *sylvatica* och *alpestris* med insprängda *Stereocaulon paschale*, *Cladonia uncialis* och björnmossan *Polytrichum juniperinum*.

Inom en hägnad lades ytorna i luckan utan annan ordning än att alla kommo att hysa en grupp oväxtliga tallplantor. Det var kvadratmeterstora



Foto O. LANGLET 17 sept. 1934.

Fig. 1. Yngre serien i gödslingsförsöket vid Fagerheden. Äldre serien såg likadan ut och låg strax intill.

Watered plots in lichen-pine forest at Fagerheden, 65°20' lat. N., 28 km (17 miles) west of Piteå.

cirkelytor. Runt varje sattes en ring av svartplåt 30 cm hög, som drevs ned i marken. Den skulle noggrant märka ut ytan och hålla plantornas rötter inom den, isolerade »från omgivningen». Innanför ringen vattnades en gång i veckan från det tjälen hade gått ur marken till sista september eller de sista åren till sista augusti. Det blev under större delen av tiden omkring 15 gånger om året. Varje yta fick 10 liter vatten eller lösning för varje gång.

Kontrollytorna fingo enbart vatten. Annars sattes till vattnet 4 eller 0,8 gram per gång och yta av endera ammoniumsulfat eller ammoniumnitrat; 4 g i 1922 års serie och 0,8 g i 1924 års. Vardera serien hade alltså 3 försöksled och hela försöket 6. Varje led var dubblerat, och hela antalet ytor blev 12.

Den äldre serien försök började omkring 10 juni 1922 och höll på till 8 juli 1934. Den yngre serien löpte från slutet av juni 1924 till slutet av augusti 1936. De totala gödselgivorna kunna skattas som följer i ton kväve per hektar.

Ytor vattnade med ....	Vatten	Sulfat	Nitrat
1922—34 års försök....	0	1,56	2,58
1924—36 års försök....	0	0,30	0,50

Det är bra att till jämförelse ha reda på några siffror för hedens kvävehalt och nederbörden vid Fagerheden.

Prov av myllmånen (= humuslagret) från kvadratmeterstora ytor visade (HESSELMAN 1917 *b*, kol. 4—5 i tab. 4) följande totala kvävemängder i ton per hektar.

I stor kal lucka.....	0,10	Under gruppvuxen tall.....	0,25
Under ensam ungtall.....	0,11	Under tallbestånd.....	0,27

Icke ens under träden nå alltså siffrorna upp till den lägsta totala kvävegivan på de gödslade ytorna, och de högre givorna äro tiotals gånger större<sup>1</sup> än myllmånens totala kvävehalt i heden utanför grupperna med äldre tall.

Nederbörden har mätts upp i Fagerheden. Den var i medeltal som följer under två femtonårsperioder, i mm.

Åren	Juni—sept.	Året	Åren	Juni—sept.	Året
1906—20.....	242	488	1921—35.....	300	610

Med 15 vattningar per år gavs i försöket 150 mm vatten årligen. Det gör ett tillskott av i medeltal 50 % av sommarens och 25 % av årets nederbörd, om man går efter den senare femtonårsperiodens siffror. Men den perioden hade högre nederbörd, och den jämte vattningen gör ett medelöverskott utöver den tidigare femtonårsperiodens nederbörd av 86 % för sommaren och 56 % för året.

Vattnet var destillerat genom förtent kopparspiral och vattnades ut med galvaniserade trädgårdskannor.

## 2. Utslag.

Den äldre serien reviderades efter två månader (6/8 1922). Kväveytorna, som troligen då hade hunnit få så mycket kväve som svarade mot 60—100 % av myllmånens hela förråd, stucko redan tydligt av genom tallplantornas och särskilt ljungens mörkare (blåare) gröna färg och de nyutvuxna tallbarrens större längd (fig. 2). Däremot syntes ingenting på en liten blekgrön dvärgmarbuske av gran, som hade kommit med på en av sulfatytorna.

Från åren närmast efteråt ha inga anteckningar hittats. Men två akvareller (fig. 3) finnas, som visa att det 1923 blev längre årsskott, blågrönare färg och längre barr särskilt efter den måttligare kvävegödslingen (med

<sup>1</sup> Professor HESSELMAN har troligen icke haft den saken klar för sig. Kolumnerna 8—9 i hans tab. 4 (1917 *b*) äro felräknade, och de siffror i g/m<sup>2</sup> han anför ur dem, s. 1240, äro i medeltal omkring 2.5 gånger för höga.

sulfat) och det icke minst hos granmarbusken, som stod blågrön med årsskott av frodig typ fyrdubbelt längre än förut.

Vad som skrevs upp vid de följande revisionerna 1925, 1928, 1930 och slutrevisionen 1934 är i korthet följande.

Den sulfatvattnade granmarbusken var 1925 »grön, men ännu ej i växtkraft», 1928 levande men »dålig» och vid försökets slut 59 cm hög men »ful».



Foto O. TAMM 6 aug. 1922.

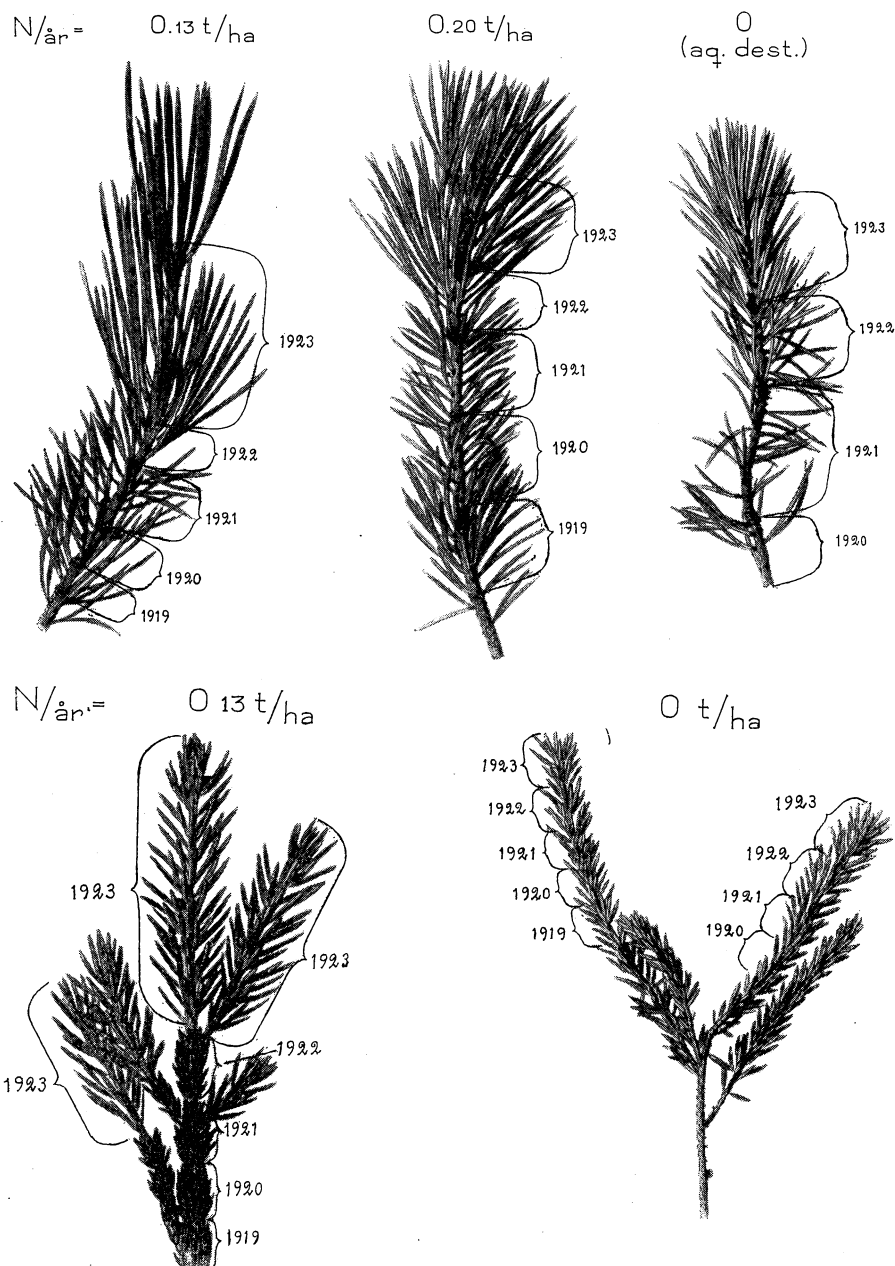
Fig. 2. Yta vattnad med 14 kg/ha kväve i veckan, 2 månader efter första vattningen. De sist utvuxna barren ha blivit längre.

First year's response of dwarfed pines to a weekly application of 14 kg/ha (12.5 lbs./A.) of nitrogen given as ammonium nitrate and watered out. The youngest needles stand out by their greater length, although the plot had only been watered since the middle of June.

På en nitratyta hade 1925 kommit vackra nyplantor av gran, men 1930 fanns endast en »sämre» kvar och 1934 ingen på den ytan och en enda inom alla fyra kväveytorna.

Av tallplantorna hade 1925 ingen enda »mer bestämt reagerat i gynnsam riktning», och på de gödslade ytorna voro alla äldre tallplantor döda eller döende 1928 och döda 1930. År 1934 funnos några levande nyplantor.

Den starka kvävevattningen gjorde först ljungen frodig men tog sedan död på den och dödade också laven. På alla fyra ytorna var laven död eller



S. EKBLOM ad naturam pinxit.

Fig. 3. Tallkvistar från de tre försöksleden i äldre serien vid Fagerheden, en gran-kvist från kväveyta och en från heden utanför.

Twigs of pine and one of spruce from plots watered since June, 1922, and a type twig of spruce from outside plots. Treatments are indicated by yearly totals of nitrogen in waterings (metric tons to the hectare).



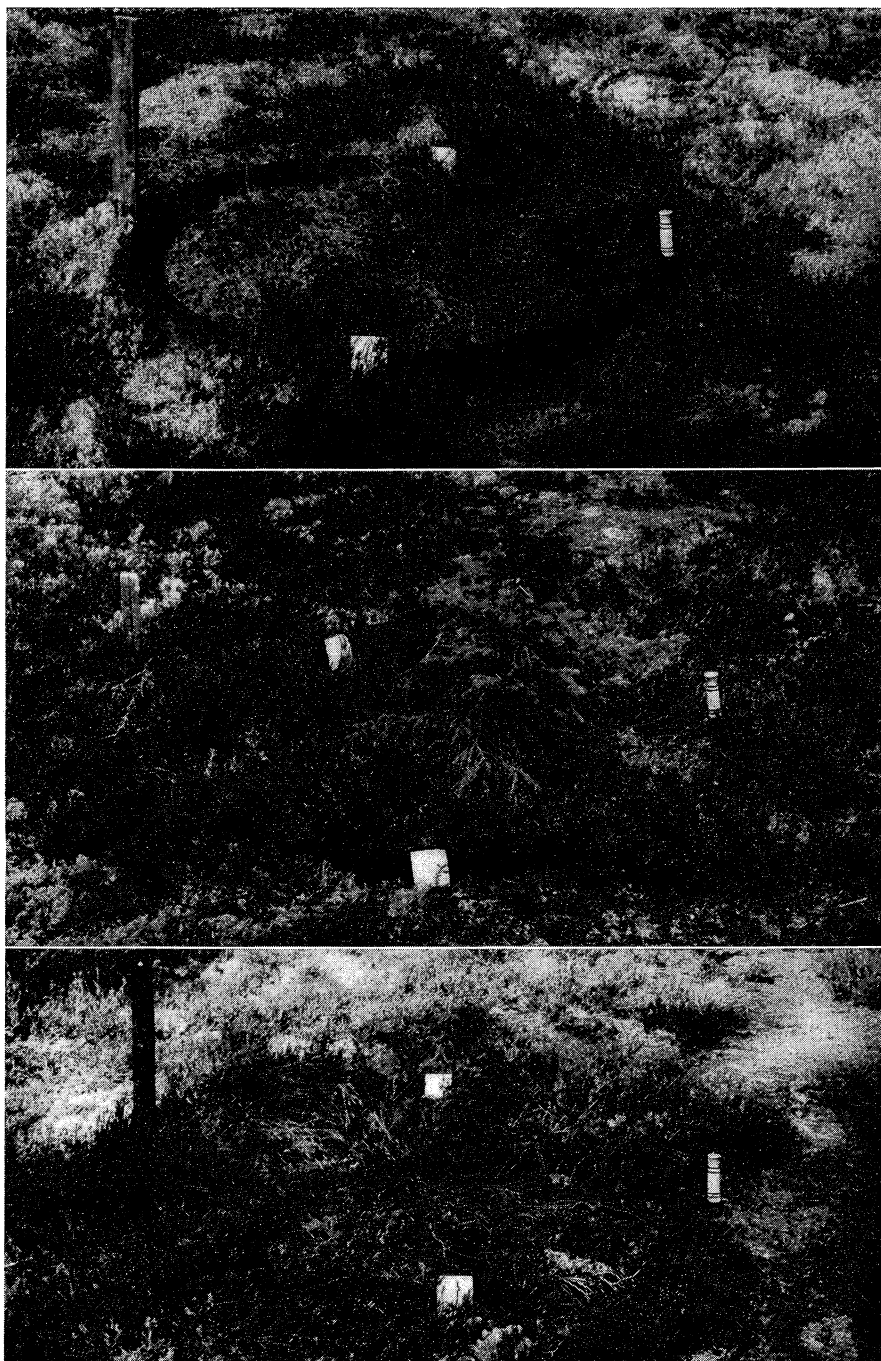


Fig. 4. De sex ytorna i 1924—36 års gödslingsförsök vid Fagerheden. Kvävegivor,  
t/ha sammanlagt under  
The younger set of plots at Fagerheden, watered during the 13 summers of 1924—36.  
row, 0.3 t/ha; bottom row, 0.5 t/ha (metric tons to the hectare,

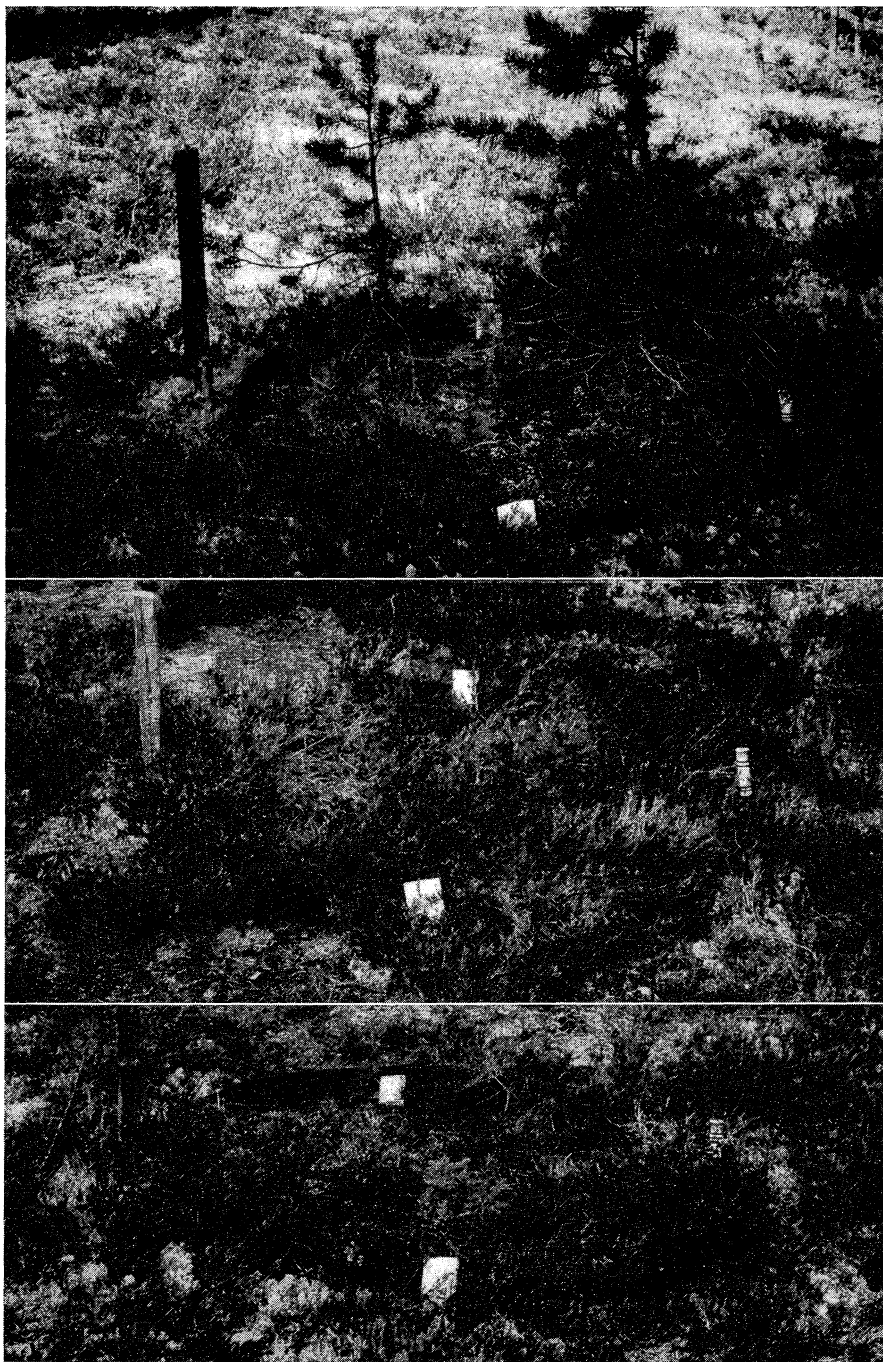


Foto O. LANGLET 25 aug. 1937.

i ordning uppifrån och ned (likadant på bägge bildsidorna): 0 t/ha, 0,3 t/ha och 0,5 hela tiden (13 somrar).

They have received, in all, the following approximate amounts of nitrogen: top row, none; middle making roughly ten times as many hundredweights to the acre).

döende 1925, och 1928 var det likadant med den förut frodiga ljungen, som hade börjat fläckvis dö 1925. I stället kommo björnmossor in (*juniperinum* och *commune*) och bildade 1930 frodiga mattor på ett par ytor (en av vardera slaget). Men 1934 var också björnmossan död eller döende.

Försöksutslaget i 1922—34 års serie har i anteckningar skrivna 1934 och 1937 sammanfattats på följande sätt. Ljung såväl som tall- och granplantor reagerade i början kraftigt positivt, men lösningarna voro för starka, skotten blevo övergödda och fröso ihjäl<sup>1</sup>. För tall spelade också snöskytte en roll. In kommo björnmossor, men då också de dogo, lades försöket ner.

I serien med måttligare kvävegivor (1924—36) var utslaget enligt anteckningarna följande.

På gödslade ytor syntes tallplantorna 1925 »något ehuru obetydligt» eller »kanske något» bättre, och 1928 var överlevande tall »möjligen gynnad». År 1930 funnos på en sulfatyta 8 »små vackra» tallplantor, på den andra en större »dålig» och på en av nitrattyterna 5 större och mindre, som icke fingo något betyg. År 1934 kallades plantorna på den ena sulfattytan »välbildade» och »vackra med hänsyn till att de växa på en hed» och syntes »lova god utveckling», och den ena nitrattytan hade 4 »vackra» plantor. Men alla plantor visade »ännu en långsam utveckling». Vid slutrevisionen år 1937 funnos idel småplantor (»vackra ettåriga»; »ett fåtal smärre»; »tre smärre»; »spridda tallplantor»), och utslaget bedömdes så: »otvivelaktigt positiv reaktion för kvävetillförsel, men ej så mycket att tallplantorna utveckla sig ordentligt». Däremot funnos på en av de ogödslade kontrolltyterna 5 »ungtallar av medelmåttig växt» (fig. 4). Det var på yta 2, nära en tall (se fig. 1).

Av gran antecknades 1930 på en sulfatyta en »större» planta och på två andra av de gödslade tyterna 1—2 granplantor utan omdöme. Om den större plantan skrevs 1934: »dålig gran bättre». Fig. 4 visar hur den såg ut 1937. Jämte den tycks då inom tyterna ha funnits endast en »relativt vacker» granplanta i kanten av den ena nitrattytan.

Risen frodades på de gödslade tyterna. Särskilt ljungen blev högre och tätare och blommade rikare än runt omkring, medan laven gick tillbaka. På sulfattyterna fanns 1934 en vacker, mörkgrön, jämn ljungmatta med lingon och kråkris insprängda, och den var kvar 1937 (fig. 4). På nitrattyterna hade den frodiga ljungen redan 1930 börjat dö, och 1934 hade den dött ut i mitten på tyterna. På den ena ytan hade i stället kommit en svällande björnmossmatta (*commune*), som ännu 1937 såg »fullt livskraftig» ut.

<sup>1</sup> Ordagrant: »dögo ut genom förfrysning»; »så övergödda att de dödades av vinterkölden». Inga tecken till frostsador nämnas, och i ordalagen ligger nog en tolkning, som kanske icke är den enda möjliga, jämför kapitel 4.

Mätningar 1937 av risens höjd på och runt de gödslade ytorna gävo följande siffror:

Kvävegiva, ton/ha.....	0	0,3	0,5
Ljungens höjd, cm.....	29±1,6	40—60	46±1,4
Lingonrisets höjd, cm...	7±0,4	10—13	17±0,8

Om de enbart vattnade, ogödslade kontrollytorna finns i den äldre serien ingenting skrivet som tyder på någon ändring, men i den yngre hade 1934 lavar och delvis ljung börjat dö, och 1937 var på bägge ytorna all eller nästan all lav borta utan att någonting annat hade kommit i stället.

Efter försökets slut togos 25/8 1937 myllmänsprov, 10 stycken från var yta i 1924—36 års serie och två likadana satser i heden utanför ytorna. I proven bestämdes pH och (efter hopslagning av proven fem och fem) humusens halt av totalkväve och salmiaklösling kalk. Följande siffror erhöles:

	N <sub>tot</sub> promille	CaO <sub>sol</sub> promille	pH
Orörd hed under lav.....	12; 12	3; 4	3,6±0,04
Orörd hed under ljung.....	12; 12	3; 3	3,6±0,04
Kontrollyta 1 (vatten).....	12; 11	3; 3	3,8±0,04
Kontrollyta 2 (vatten), invid en tall...	14; 12	6; 6	4,0±0,07
Sulfatyta 1 (0,3 t/ha N).....	15; 14	2; 3	3,5±0,03
Sulfatyta 2 (0,3 t/ha N).....	14; 16	2; 3	3,5±0,03
Nitratyta 1 (0,5 t/ha N).....	17; 17	3; 2	3,8±0,05
Nitratyta 2 (0,5 t/ha N).....	16; 16	3; 3	3,5±0,04

Enligt siffrorna var humusens kvävehalt något högre på de gödslade ytorna och högst på nitratytorna, där kvävegivan hade varit 67 % större än på sulfatytorna. I kalkvärdena märks en tendens till lägre basmättnad hos humusen på gödslade ytor. I pH-värdena är tendensen minskad surhet på de enbart vattnade ytorna och ökad surhet på sulfatytorna. Ökad surhet i jorden är en vanlig följd av gödsling med ammoniaksalter av starka, i jorden varaktiga syror.

### 3. Tolkning.

Den starka ökningen av barr- och skottlängder strax i början i den äldre försöksserien tedde sig som ett bevis för att HESSELMAN (1917 b, s. 1265) hade rätt, då han såg brist på kvävenäring som »huvudorsaken till plantornas dåliga utveckling på de öppna partierna i tallhedarna». Men snart nog började gödslingen verka menligt. Det kan ha varit en direkt giftverkan, ty kvävegivorna blevo med tiden omåttligt höga. Den starka och ensidiga

gödslingen kan också ha skadat på annat sätt, jämför kapitel 4, där en möjlig skadeverkan dryftas.

Men icke heller i den yngre serien med måttliga kvävegivor kom det väntade utslaget fram. Här voro kvävegivorna endast omkring 25—40 kg/ha om året, så att riskerna för oberäknade verkningar voro mindre och i början troligen små. Ändå bättrades trädplantorna aldrig så att det var mycket att fästa sig vid. De mest utvecklade ungtallarna funnos till slut på en yta vattnad med enbart vatten.

Måhända hade utslaget kunnat bli ett annat, om snöskytten hade kunnat hållas borta. Ser man frågeställningen rent näringsekologiskt, är här en störande felkälla. Men till tallhedsluckornas ekologi hör snöskytten med. Det vore rent fel att söka utesluta det, ifall man vill åt helheten. Snöskytte må ha haft större eller mindre del i försökens utslag. De torde ändå få anses visa, att vad som hindrade den gamla tallhedsluckans plantor från att komma någon vart icke var enbart brist på kvävenäring.

Om man granskar revisionsanteckningarna om de gödslade ytornas tall- och granplantor i den yngre serien, kan man nog icke komma ifrån att brist på kvävenäring också rent näringsekologiskt måste betyda mindre jämfört med andra hämningar än vad det en tid såg ut.

På samma gång tyda försöken som helhet och i nästan varje detalj på att det fattas plantorna bland annat kvävenäring i sådana gamla tallhedsluckor som den där försöken lades.

Mellan första årets eller de allra första årens utslag i den äldre serien och alla de följande årens i bägge serierna råder en viss motsägelse. Orsaken kan vara, att de stora saltgivorna i den äldre serien genom jonutbyte gjorde annan växtnäring ur myllmånens förråd åtkomligare för växterna och därigenom för en kort tid verkade som en fullgödsling snarare än som en ren kvävegödsling så som meningen var. Om året gavs i den äldre serien 600 kg/ha ammoniumnitrat eller ammoniumsulfat. Det gör, i ordning, 7 500 och omkring 9 100 gramekvivalenter ammoniak och lika många gramekvivalenter syra per hektar och år. Hela ammoniakmängden svarar mot exempelvis omkring 350—430 kg/ha kali per år. Så mycket kali skulle ha frigjorts genom basutbyte, om hela ammoniakgivan hade kunnat gå in och tränga ut kali där det förut satt. Redan med de femfalt mindre givorna av samma salter i den yngre serien visade sig en tendens till mindre basmättnad i myllmånen efter försökets slut. I den äldre serien gjordes inga sådana bestämningar.

De låga kalk- och pH-värdena i hedluckans tunna myllmån på och utanför ytorna tyda på starkt omättad humus. De flesta siffrorna ligga nära bottenrekorden i hela HESSELMANS stora material av analyser (1926, fig. 9

och tab. 6). Det talar i sin mån för att det felas tallplantorna bl. a. mineralnäring.

Men kanske var när allt kommer omkring orsaken till plantornas olyckor på de gödslade ytorerna ingenting annat än den frodighet HESSELMAN gladdes åt och tog som tecken på att tallhedsplantorna mest av allt lida av kvävehunger. Deras rotkvot kan ha blivit farligt liten, jämför s. 608—609.

På kontrolltyterna skulle man se hur enbart vattning verkade. Man bör också tänka på rotskärningen genom de nedslagna plåtringarna. Men tallrötter torde ha vuxit in igen, ty 1934 fanns pepparsopp och sandsopp i björnmossmattan på nitratyta 1, som då saknade tallplantor. De år 1937 i yngre serien bestämda pH-värdena äro kanske för båda kontrolltyterna högre än hedens och kunde tyda på en allmän tendens till ändring i den riktningen. Den ena kontrolltytan var vid samma tid helt olika. Den hade dubbelt så kalkrik humus som heden utanför och mindre än halva vätejonkoncentrationen. Samma yta hyste de mest utvecklade plantorna i hela försöket (fig. 4). Hållpunkter saknas för att avgöra om här röjer sig något samband. Ytan låg närmast tallen (fig. 1). Öväntad var lavdöden på bägge kontrolltyterna i den yngre serien. Det var »sannolikt på grund därav att parcellerna vid vattningen under mycket torrt väder stått under vatten», trodde HESSELMAN 1937. Man kan också och kanske hellre tänka på förgiftning av de känsliga lavarna genom koppar från destillationsapparaten (jfr CARSTEN OLSEN 1939) eller zink från vattenkannorna, som mot slutet torde ha varit i dåligt skick, då de lära ha varit sönderrostade när de avskrevos år 1931. I Orsa finnmark har mossan dött i en skarpt avsatt rand under ett trådstängsel i skogen, icke överallt, men på ställen där man kan räkna ut att det droppar ibland från tråden. Och det finns alger (t. ex. *spirogyra*-arter) otroligt känsliga för salter av koppar och andra tungmetaller. Den bekante schweiziske botanisten NÄGELI kunde på sin tid icke tro, att metallens molekyler kunde räcka till och finnas med överallt där de vållade algernas död, och han kände sig tvungen att ställa upp en mycket djärv teori för »die oligodynamischen Einwirkungen» för att förklara saken.

Bland professor HESSELMANS papper om det här försöket låg ett med siffror från ett helt annat försök, som är av intresse till komplettering och jämförelse, då det var stort upplagt med 10 gödslade och ogödslade ytor och gav ett klart utslag för en mycket måttlig kvävegiva, 16,5 kg/ha. Det är ett gödslingsförsök med chilesalpeter på gles tallhed (med gamla stubbar) mellan Hornberg och Murkafors på Storlandets kronopark i Gällivare socken. Det gjordes av jägmästare B. E. ANDERSSON år 1933 i september. Nästa år blev barrrens torrsvikt dubbelt och barr- och skottlängden 70—80 procent större än utan gödsling, se tab. 1. Hur det blev sedan har förre krono-

Tab. 1. Jägmästare B. E. ANDERSSONS gödsling med 100 kg/ha chilesalpeter på gles tallhed sept. 1933, krp. Storlandet. Medelvärde för 7 + 8 gödslade och ogödslade plantor och för 140 + 160 barr (20 per planta).

Effect of 100 kg/ha nitrate of soda on dwarfed seedling pine in an open lichen-pine forest at 66° 26' lat. N. Averages for 7+8 pines and 140+160 needles from area fertilized in Sep. 1933 and from area not fertilized.

Y t a Plot	År Year	Toppskott Leader mm	Barrens Average needle	
			Längd Length mm	Torrsvikt Weight dry mg
Ogödslad..... Check	{ 1933 1934	51 61	22 26	7 7
Gödslad..... Fertilized	{ 1933 1934	59 107	24 43	6 14

jägaren J. F. SUNDBERG i Mårdudden varit vänlig att tala om i brev mars 1945: »Resultatet syntes mycket lovande de två första åren. Toppskott var ungefär lika andra året som första med långa kraftiga barr och längden ungefär samma som året förut. Ljungen på marken blommade rikligt, och det hela såg vackert ut. Tredje året blev toppskotten inte längre än på den ruta som ej gödslats, och markvegetationen såg tynande ut. Snöskytet angrep plantorna på den gödslade arealen mer än på den ogödslade. När 4 år gått, syntes ingen skillnad. Barr och toppskott var korta som på ogödslad areal.»

Saltmängden i jägmästare ANDERSSONS försök var 1 200 ekvivalenter per hektar, medan den i HESSELMANS försök var omkring 7 500—9 100 E/ha om året i äldre och omkring 1 500—1 800 E/ha om året i yngre serien. Risken för opåräknad mineralgödsling genom jonutbyte var i samma mån mindre. Samtidigt var utslaget starkt liksom det var i början i HESSELMANS äldre serie, medan det var rätt osäkert i hans yngre serie. Jägmästare ANDERSSONS försök synes därför ge ett bättre bevis för att oväxtliga tallhedsplantor lida av brist på kvävenäring. Men vad till sist hade kunnat vinnas genom enbart kvävegödsling kan försöket icke säga någonting om, då gödslingen icke gjordes om.

Man bör samtidigt minnas utslaget i ett odlingsförsök av HOLMGREN (1911, s. 37—38). Den röda färgen hos en del av hans plantor (vuxna i jord från tallhedslucka) kunde tyda på brist på något annat än kväve, kanske fosforsyra. I samma riktning peka HESSELMANS växthusförsök (1927).

Intet av försöken har helt klarat upp ens den rent näringsekologiska delen av frågan. Vill man söka göra det, räcker det icke med enbart kvävegödsling, hur den än ordnas, utan man måste göra planmässiga försök med olika givor av de viktigaste växtnäringsämnen kombinerade på olika sätt.

### Kap. 3. Kalhuggning, hackning och klösning.

#### 1. Plan.

Under några år syntes intet utslag för enbart kalhuggning inom den gle-saste och sämsta delen av tallheden vid Fagerheden, men där hygget hade hackats sågo plantorna lovande ut, om de hade skonats av hackan (HESSELMAN 1917 b, s. 1248—49 och 1266—67). Fem år senare hade bilden ändrats. »Plantorna börja komma i gång» skrev HESSELMAN på ett foto av den ohackade delen av hygget, tagen i augusti 1922, och på bilderna gör den delen med sina mindre men jämnare och vackrare plantor ett väl så gott intryck som den hackade delen, där plantbeståndet ser ojämnt ut till form och växt. Det var tid att göra nya försök för att se om markberedning är så verk-sam och brukbar på tallhed som det tycktes finnas skäl att tro. År 1924 satte HESSELMAN i gång med det i rätt stor skala på kronoparken Åheden nära Vindeln. Planen finns redovisad under nr 638—639 i Meddelandena samma år (21: 343) i en tabell över skogsavdelningens nytutlagda provytor. Serie 638 ligger på ett kalhygge från 1921 och serie 639 i beståndet intill, jfr fig. 5. I varje serie är det sex ytor 50×50 meter behandlade enligt följande försöksplan.

#### Yta

#### Behandling

- I Marken ristad i ränder med Kolmodin-plog och sådd med björkfrö.
- II Marken obehandlad.
- III Marken ristad i ränder med Kolmodin-plog.
- IV Marken hackad över hela ytan och sådd med björkfrö.
- V Marken delvis hackad, i rutor.
- VI Marken hackad över hela ytan.

I ingendera serien blev det några spår efter björksådden. Därför kunna ytorna I och III anses lika behandlade och likaså ytorna IV och VI. Yta 638: I tycks ha slopats, kanske för att den tedde sig som en onödig dubble-ring av 638: III, kanske för att den kom att ligga väl inklämd mellan be-ståndskanter (i en anteckning talar professor O. TAMM år 1932 om en 7 m sterilzon utmed beståndet vid ytans västra gräns). Ytan 638: II strax intill med obehandlat hygge har tagits med vid plantrevisionerna, men annars kom den helhackade arealen på hygget (ytorna 638: IV och 638: VI) mest att jämföras med vad som låg närmast väster därom, d. v. s. med ytorna 638: V och särskilt 638: III. Marken är mellan fårorna eller rutorna obe-handlad, så att prov ha kunnat tas där lika gärna som på yta 638: II. Prov



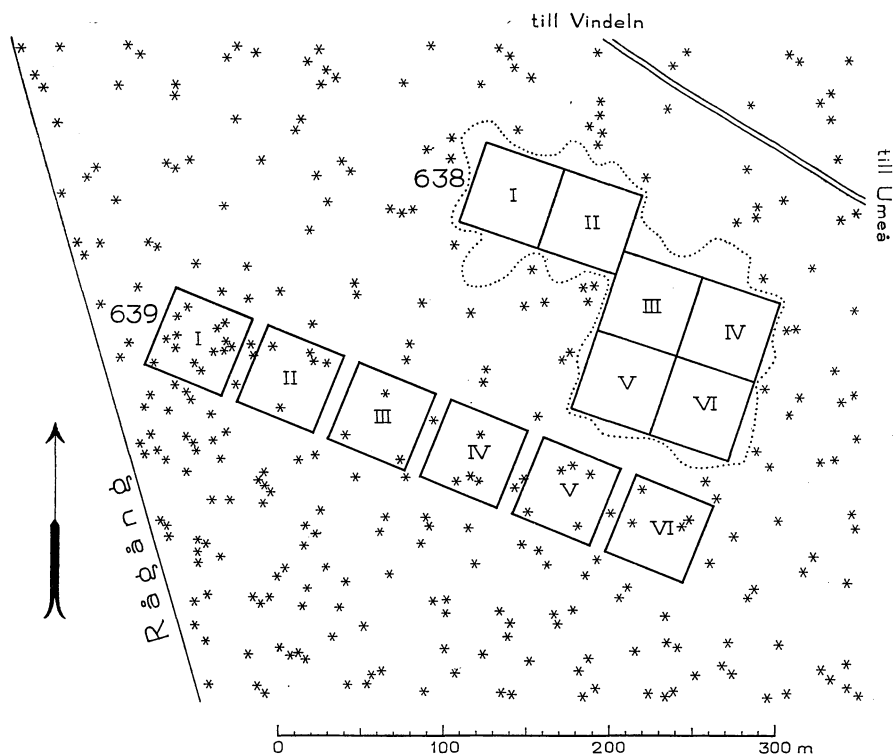


Fig. 5. Grov kartskiss över en del av kronoparken Åheden vid Vindelälven (en halvmil SSO om Vindeln) med 1921 års kalhygge och försöksserierna 638 och 639. Rough sketch map of part of the crown forest Åheden at 64°9' lat. N. (on the river Vindelälven) showing location of plots in and outside area cleared in 1921. In both series alike, the compartments were treated as follows.  
 IV and VI: Soil hoed all over the plots.  
 V: Soil hoed in small spots only.  
 I and III: Soil partly ripped using a forest plough.  
 II: Soil undisturbed.

ha också tagits från ytorna 639: VI och 639: V strax intill i beståndet. Proven ha syftat till följande jämförelse.

Prov från yta nr	Försöksled
638: IV.....	Mark å 1921 års hygge hackad 1924
638: III (mellan fårorna).....	Ohackad mark å 1921 års hygge
639: VI.....	Mark under bestånd hackad 1924
639: V (mellan rutorna).....	Ohackad mark under bestånd

På samma tallhed hade professor TAMM att göra år 1932. Han gick bl. a. en linje, som kom att skära tre av ytorna i serie 638. Heden i dess helhet kallade TAMM i sina anteckningar »skarp tallhed å medelgrov sand» med »tallbestånd dels äldre än senaste brand, dels yngre». Äldre tallar voro upp till 135 år gamla, yngre omkring 80 år. Men i närheten av försöket syntes

inga tallar äldre än branden, och beståndet kallades »vackert medelålders tallbestånd, tätt, något gallrat» eller »vackert bestånd, goda tallar» eller »vackert parti av heden».

TAMM samlade också siffror för sandens grovlek inom ytorna i serie 638. Han gick 11 hundrameterslinjer och tog 7—8 prov på varje från 30 och 60 cm djup. Med värdena för den slopade ytan 638: I borttagna fördela sig hans siffror så som tab. 2 visar.

Tab. 2. Tallhedshygget på kronoparken Åheden med ytserien 638. Fördelning i grovlekklasser av O. TAMMs sandprov från två olika djup.

Distribution of soil records from cleared area at Åheden according to size of particles.

Djup Depth cm	Antal prov med sand av kornstorlek Number of figures recording the sizes		
	< 0.25 mm	> 0.25 mm	> 0.5 mm
30.....	12	61	28
60.....	15	55	19

I prov tagna juli 1932 från tallhedens myllmån bestämdes pH till 4,1 i »öppet lavparti» och 4,3 under »slutet tallbestånd å hed». Andra siffror ligga mycket lägre, se tab. 3.

Tab. 3. Analyser av myllmånsprov från hackad och ohackad mark på tallhedshygge och tallhed, kronoparken Åheden (ytorna 638 och 639).

CaO<sub>sol</sub> = salmiaklöslig kalk, N<sub>tot</sub> = totalkväve, N<sub>mob/3m</sub> = ammoniak- och nitratkväve efter 3 månaders lagring.

Data on samples of humus layer from lichen-pine forest variously treated at Åheden.

CaO<sub>sol</sub> = lime extracted by ammonium chloride, N<sub>tot</sub> = total nitrogen, N<sub>mob/3m</sub> = nitrogen present as ammonia or nitrate in samples stored 3 months. O. M. = organic matter as determined by loss on ignition.

Behandling av bestånd och mark Treatment of stand and of soil	Prov togs Sampled	pH	Hu- mus O. M. %	I promille av humushalten To 1000 parts of O. M.		
				CaO <sub>sol</sub>	N <sub>tot</sub>	N <sub>mob/3m</sub>
Hygge från 1921, hackat 1924 Cleared in 1921; soil hoed in 1924	'29 Sep.	4.2	30	12	18	1.0
	'30 June	4.0	7	7	15	0.8
	'31 June	3.9	12	—	—	0.4
	'31 Oct.	4.3	19	7	19	1.1
Ohackad mark på 1921 års hygge Cleared in 1921; soil not hoed	'29 Sep.	4.1	37	11	16	1.3
	'30 June	4.0	13	5	13	0.1
	'31 June	3.8	15	—	—	0.1
	'31 Oct.	4.2	20	7	—	0.1
Bestånd; hackat 1924..... Stand left; soil hoed	'31 June	4.0	14	—	—	0.5
Bestånd; ohackad mark..... Undisturbed	'31 June	3.5	22	—	—	0.5
	'31 Oct.	—	53	4	16	—

## 2. Utslag.

I serie 639 har ingen plantrevision gjorts, väl därför att ingenting har funnits att revidera. Av markberedningen under bestånd har icke heller kunnat spåras någon som helst verkan i de tagna jordproven (tab. 3) eller i odlingsförsök med tall i myllmån från olika ytor (tab. 9).

På hygget gingo tallplantor snart upp i mängd utanför likaväl som på de hackade eller plöjda ytorna. Det framgår bl. a. av fotografier och av de anteckningar TAMM gjorde längs sin linje tvärs över ytorna. Han skrev t. ex. i vinkeln mellan ytorna 638: II och 638: III: »Plantor, som gå upp i tämligen tätt förband, liksom på försöksfältet».

År 1930 skrev HESSELMAN om den helhackade arealen: »Ljungen har vid bearbetningen med hacka dödats, men enstaka uppträda nya, unga ljungplantor.» Enstaka låg *Salix livida* sågs »å den bearbetade heden», där också fläckvis funnos små mattor av *Polytrichum juniperinum* och *piliferum*. På ett ställe sågs i björnmossmattan mjölke (*Chamaenerium*).

Hackningen förstörde också mängder av tallplantor, och den gav enligt vad TAMM såg 1932 »upphov till en färsk uppfrysningsstruktur: småknottrig yta på den ej fullt vegetationsklädda mineraljorden.» Så gjorde också plöjningen i de ränder plogen hade ristat.

Enligt en siffra i tab. 3 har humusen kanske blivit kalkrikare på hygget. De andra siffrorna i tabellen torde icke ens kunna sägas antyda några ändringar vållade av huggning eller markberedning. Den låga pH-siffran för orört bestånd bör jämföras med den nyss omtalade, 0,8 enheter större.

Tab. 4. Hacknings- och plöjningsförsöket 1924 (yta 638) på 1921 års tallhedshygge, kronoparken Åheden. Tallplantor per ar vid 1929 års revision och procent högre plantor. Seedling pine recorded in 1929 on area cleared in 1921, stirred or not in 1924, in lichen-pine forest at Åheden.

Försöksled <i>Treatment</i>	Plantor per ar <i>Seedlings to the are</i>		% plantor minst 20 cm <i>20 cm or over, per cent</i>
	Alla <i>In all</i>	Minst 20 cm <i>20 cm or over</i>	
Helhackat ..... <i>Soil hoed</i>	{ 224 294	{ 109 104	{ 49 35
Ruthackat..... <i>Soil hoed in spots</i>	446	151	34
Kolmodinplöjt..... <i>Soil partly ripped</i>	394	88	22
Orört hygge..... <i>Soil undisturbed</i>	623	107	17

År 1929 gjordes en 6 % och 1931 en 20 % bältestaxering av plantuppslaget på ytorna 638: II—VI. En bearbetning av 1929 års taxering låg färdig, och siffror ur den ha ställts ihop i tab. 4. År 1929 mättes också barren på omkring var hundra planta inom taxeringsbältena, se tab. 5. Taxe-

Tab. 5. Hacknings- och plöjningsförsöket 1924 (yta 638) på 1921 års tallhedshygge, kronoparken Åheden. Provplantornas fördelning efter barrenns medellängd vid 1929 års revision.

Distribution in classes, according to length of needles, of sample specimens of seedling pine collected in 1929 on area cleared in 1921, stirred or not in 1924, in lichen-pine forest at Åheden.

Försöksled <i>Treatment</i>	År- gång <i>Grown in</i>	Barrlängd, mm <i>Length of needles, mm</i>									
		< 10	10—14	15—19	20—24	25—29	30—34	35—39	40—44	45—49	
Helhackat..... <i>Soil hoed</i>	{ '28 '29	— —	— —	4 —	4 1	— 2	— 3	— 1	— 1	— —	
Ruthackat..... <i>Soil hoed in spots</i>	{ '28 '29	— 1	2 1	1 1	1 2	1 1	1 1	— —	— —	— —	
Kolmodinplöjt..... <i>Soil partly ripped</i>	{ '28 '29	— —	— —	1 1	2 2	— 1	2 2	— —	— 1	1 —	
Orört hygge..... <i>Soil undisturbed</i>	{ '28 '29	— —	2 2	— 3	2 2	1 2	2 1	2 —	2 1	— —	

Tab. 6. Hacknings- och plöjningsförsöket 1924 (yta 638) på 1921 års tallhedshygge, kronoparken Åheden. Tallplantor per ar inom olika höjdklasser enligt 1931 års revision. Pine seedlings to the are in different height classes recorded in 1931 on area cleared in 1921, stirred or not in 1924, in lichen-pine forest at Åheden.

Försöksled <i>Treatment</i>	H ö j d k l a s s e r (cm) <i>Height classes (cm)</i>							
	10	10—24	25—49	50—74	75—99	100—149	Summor <i>Totals</i>	10 Λ
Helhackat..... <i>Soil hoed</i>	84	86	81	26	9	4	291	207
	103	112	101	35	12	2	365	262
Ruthackat..... <i>Soil hoed in spots</i>	127	237	116	28	11	3	523	396
Kolmodinplöjt..... <i>Soil partly ripped</i>	145	224	76	18	6	2	471	326
Orört hygge..... <i>Soil undisturbed</i>	250	333	102	27	5	1	718	468

ringsresultaten för 1931 ha delats upp på höjd- och växtlighetsklasser och redovisas så i tab. 6—8.

Tab. 7. Hacknings- och plöjningsförsöket 1924 (yta 638) på 1921 års tallhedshygge, kronoparken Åheden. Procent skadade och döda plantor inom olika höjdklasser vid 1931 års revision.

Injured or dead seedlings in different height classes on area cleared in 1921, stirred or not in 1924, in lichen-pine forest at Åheden. Percentages, recorded in 1931.

Försöksled <i>Treatment</i>	H ö j d k l a s s e r (cm) <i>Height classes (cm)</i>				
	< 10	10—24	25—49	50—74	75—99
Helhackat..... <i>Soil hoed</i>	{ 17 18	34 35	29 26	13 7	— 9
Ruthackat..... <i>Soil hoed in spots</i>	23	39	30	17	5
Kolmodinplöjt..... <i>Soil partly ripped</i>	23	29	30	13	10
Orört hygge..... <i>Soil undisturbed</i>	24	27	17	7	—

Ännu efter sju år äro plantantalen i de flesta höjdklasser lägre och i de lägre klasserna mycket lägre på alla de andra ytorna än vad de äro på den icke markberedda ytan. I gengäld är där i de allra högsta klasserna en tendens till högre plantantal på markberedda ytor. Men på samma ytor är där just för något större planthöjder också en tendens till starkare avgång genom snöskytte och skador än på det orörda hygget.

Klart bättre voro år 1931 på hygget de hackade och klösta ytorna, särskilt de helhackade, i fall man dömer efter plantantalen i olika växtlighetsklasser, se tabell 8.

Fig. 6 och 7 visa hur hygget tog sig ut sex år senare på ömse sidor om gränsen mellan helhackat och ruthackat eller Kolmodin-plöjt. Flera bilder från samma hygge har BJÖRKMAN (1945). De stamma från den helhackade delen.

Ett myllmänsprov från hackad yta i serie 638 och ett från orörd mark i samma serie voro med år 1930 i professor HESSELMANS odlingsförsök i växt-hus, som hittills mycket litet har kommit ut om i tryck (HESSELMAN 1927 och 1939 b). Jorden från den hackade ytan gav av alla jordarna i försöket de största tallplantorna, bättre t. o. m. än en hyggesjord från Jönåker, den

Tab. 8. Hacknings- och plöjningsförsöket 1924 (yta 638) på 1921 års tallhedshygge, kronoparken Åheden. Tallplantor per ar inom olika växtlighetsklasser vid 1931 års revision.

Pine seedlings to the are in different growth classes recorded in 1931 on area cleared in 1921, stirred or not in 1924, in lichen-pine forest at Åheden.

Försöksled <i>Treatment</i>	Årsskottet, cm <i>Growth in 1931, cm</i>						Summor <i>Totals</i>	
	1—4	5—9	10—14	15—19	20—24	25—29	Alla <i>In all</i>	V 5 cm
Helhackat..... <i>Soil hoed</i>	{ 80 115	70 74	31 48	13 18	3 6	0 1	198 261	118 146
Ruthackat..... <i>Soil hoed in spots</i>	198	96	30	6	1	1	332	134
Kolmodinplöjt..... <i>Soil partly ripped</i>	223	72	18	4	0	0	318	95
Orört hygge..... <i>Soil undisturbed</i>	380	107	10	1	0	0	498	119
Försöksled <i>Treatment</i>	Tillväxt 1929—31, cm <i>Growth in 1929—31, cm</i>						Summor <i>Totals</i>	
	1—9	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59	Alla <i>In all</i>	V 10 cm
Helhackat..... <i>Soil hoed</i>	{ 48 64	66 82	32 43	14 15	3 5	1 1	163 211	115 146
Ruthackat..... <i>Soil hoed in spots</i>	141	100	29	5	2	0	276	135
Kolmodinplöjt..... <i>Soil partly ripped</i>	178	72	13	5	1	0	269	91
Orört hygge..... <i>Soil undisturbed</i>	310	101	11	1	0	0	424	113

som HESSELMAN under många år brukade som »infektionsjord». Men jorden från orörd mark på tallhedshygget gav kläna plantor, bland de sämre i hela försöket.

Nästa år voro myllmånsprov från hackad och ohackad mark i bägge serierna (638 och 639) med i växthusförsöken, som den gången skördades tvååriga. Tab. 9 visar utslaget för tallhedsproven och i sammandrag för proven från annan skogsmark i samma trakt. Alla tallhedsproven gävo nu särskilt frodiga plantor, de från hackad och ohackad mark under bestånd lika väl som de från hackat och ohackat hygge.



Foto O. LANGLET 6 sept. 1937.

Fig. 6. Till större delen orörd mark på 1921 års hygge, kronoparken Åheden. Taget mot väster från gränsen mellan 638: III+V och 638: IV+VI, jfr fig. 5.

Åheden, main western part of area cleared in 1921 (638: III+V in Fig. 5). Soil stirred in part only, mostly undisturbed.

### 3. Tolkning.

För att sätta liv i tallhed är enligt försökets utslag hackning, klösning och dylikt mindre att hoppas på än vad det en tid såg ut. Sådant har ingen märkbar verkan haft där beståndet är kvar. På hygget kunde en gynnsam verkan spåras av markberedning. Men med eller utan den blev plantuppslaget efter kalhuggning rikligt och växtligt.

Sterilzonen på hygget längs beståndskanten visar, att det icke är nog att skaffa marken och plantorna ljus och att icke ens på en så godartad tallhed som Åhedens trädplantorna kunna komma någon vart där marken behärskas som förr av äldre träds rötter. Därav följer icke att huggningen verkar så gynnsamt som den gör enbart genom att ta bort en eller annan hämning sådan som beskuggning eller konkurrens om tillgänglig näring. Tvärtom måste huggningen också verka som en direkt gödsling, d. v. s. så att näringsflödet tillfälligt ökas. Bl. a. dödas i marken en hel del unga och näringsrika växtdelar på en gång liksom vid gröngödsling (ROMELL



Foto O. LANGLET 6 sept. 1937.

Fig. 7. Helhackad mark på 1921 års hygge, kronoparken Åheden. Taget mot öster från samma ställe som fig. 6.

Åheden, eastern part of area cleared in 1921 (638:IV+VI in Fig. 5). Soil hoed in 1924 all over the area between the camera and the old stand in the background.

1934 och 1935). Dessutom bör omsättningen kunna gå fortare än förut, när konkurrensen om vatten och näring blir lindrigare och därför villkoren bättre för nedbrytningsorganismerna, såsom närmare skall dryftas i kapitel 4.

Myllmånsprov från den orörda tallheden lika väl som från hackat eller ohackat hygge ha visat sig kunna redan under första och andra året ge rekordskörd av övergödda tallplantor. Den svarta tallhedsmyllan hoprakad tillsammans med den översta sanden och vattnad kan genast vara färdig att frige nog och över nog av växtnäring för tallplantornas behov. Det tarvas ingen långsam omvandling och troligen ingenting annat heller än att det naturliga fattigkomplexet rivs sönder och vätan hålls nog hög. Att den extra sandinblandningen skulle vara det avgörande och viktiga var aldrig annat än ett antagande i brist på bättre.

Man måste fråga sig hur växtnäring och särskilt kvävenäring så lätt och hastigt kan bli fri ur den hoprakade tallhedsmyllan, där det icke ser ut att finnas mycket mer än sand och högmultnade svarta myllämnen. I dem borde enligt all erfarenhet kvävet vara »hårt bundet», såsom det har brukat



Tab. 9. Skörd av tvåårig tall sådd 1931 i sandblandad myllmån från tallhedshygge, tallhed och mossrik skog i trakten av Vindeln. Medelfriskvikt i gram per kruka och planta. Two years' yield of Scots pine grown from seed in sand mixed with humus from the lichen-pine forest at Åheden variously treated and from softwood stands of other types near Vindeln, 64° 12' lat. N. Averages of fresh weight in grammes to a pot and to a seedling.

Bestånd, mark, behandling <i>Stand, soil, treatment</i>		Medelskörd per kruka <i>Average yield to a pot</i>		Plantornas medelvikt <i>Average seedling</i>	
		Med rötter <i>Roots and all</i>	Utan rötter <i>Without the roots</i>	Med rötter <i>Roots and all</i>	Utan rötter <i>Without the roots</i>
Tallhed <i>Lichen-pine forest</i>	Hygge (1921) hackat 1924... <i>Cleared; soil hoed</i>	50	34	9	6.2
	Ohackad mark på hygget.... <i>Cleared; soil not hoed</i>	47	31	6	4.2
	Bestånd; hackat 1924..... <i>Stand left; soil hoed</i>	24	13	4	2.4
	Ohackad mark under bestånd <i>Stand and soil undisturbed</i>	28	16	9	4.9
Skog på brännor (1853, 1878, 1917?) <i>Good stands; soil earlier burnt over</i>		12—18	7—10	2—3	0.4—1.4
Dryopteris-skog..... <i>Stand of a good forest type</i>		13	7	2	1.1
Vanlig blåbärsskog..... <i>Stands of common Vaccinium type</i>		7—10	4—5	1	0.5—0.7

heta. Kanske kommer den hastigt frigjorda växtnäringen i proven av tallhedsmylla i första hand från färskt växtmaterial dödat vid provtagningen (t. ex. mykorrhizor med tillhörande mycel; märk hur rikligt man ofta kan plocka sopp på tallhed!).

När huggningens goda verkan kan något höjas genom sådant som hackning eller klösning, så torde det numera ligga närmast till hands att tolka det först och främst som en verkan av alldeles samma slag som huggningens och provtagningens. Det viktigaste skulle i så fall vara att döda markvegetationen, och det kunde man göra lika väl med klorat och kanske billigare än med hacka eller skogsplög. En annan sak är vändplöjning, som kan göra villkoren bättre i myllan bl. a. genom att ge den skydd mot torka. Den saken skall något dryftas i kapitel 4.

Det är säkrast att tills vidare icke räkna kvävehalten i tallhedens högmultnade myllämnen som någon tillgång. Men det finns specialister, som ha verktyg för att bryta sönder den svartfärgande strukturen. Den är troligen kinoid och har direkt del i att kvävet sitter så fast (i en kinonimidbindning lik den i anilinsvart eller i kinongarvat läder, enligt vad bl. a. SANTE MATTSONS arbeten tyda på och prof. ERDTMAN muntligen har givit specialskäl för). En del svampar bleka påtagligt marken där de gå fram med sin

front. De verka ofta tydligt gödslande (jfr ROMELL 1939 *b*, s. 350—352), och det kan gott bero bl. a. på att de kunna komma åt de mörka myllämnenas kväve och sätta det i omlopp. En rad sådana markvittrötter ha den sista tiden odlats vid försöksanstalten. Alla ha trivts dåligt vid större surhet än pH 4. Men det finns markvittrötter också i tallhed. Just på Åheden ha setts stora fläckar med blekt myllmån. Grundlig blandning av myllan med mycket mineraljord, helst djupare lager, kan tänkas gynna markvittrötterna genom att ändra pH. Kanske kan vändplöjning gagna på så vis lika väl som genom att något höja mineralnäringsnivån.

## Kap. 4. Rotskärning med eller utan hackning.

### 1. Plan.

HESSELMAN hade förut (1917 *b*, s. 1249—1250) icke fått något utslag i ett enkelt rotskärningsförsök han gjorde i en stor tallhedslucka vid Fagerheden. Han trodde därför icke på de idéer AALTONEN kom med 1919—23 om rotkonkurrens på tallhedar. Men för att sätta dem på rättvist prov lade han år 1924 ut ett rotskärningsförsök i en tallhed mer lik dem AALTONEN mest hade tänkt på. Det kompletterades år 1932 med ännu ett. Bägge försöken lades i tallhedsbestånd nära Vindeln, det första vid ett ställe kallat Åheden på Svartbergets försökspark, det andra på kronoparken Åheden.

Tab. 10. Rotskärningsförsöken på Svartbergs-heden och på Åheden. Mekaniska analyser av sanden.

Mechanical analyses of soil from the trenched plots at Svartberget and at Åheden. Fractions: international, based on ATTERBERG.

Plats <i>Place</i>	Yta <i>Plot</i>	Sten och grus <i>Gravel</i> %	Sand <i>Coarse sand</i> %	Mo <i>Fine sand</i> %	Mjåla <i>Silt</i> %	Ler <i>Clay</i> %
Svartberget.....	—	0	3	85	10	2
Åheden.....	1	1	78	20	1	0
Åheden.....	2	7	88	4	1	0

På Svartbergheden är marken till 70 % grovmo. Om beståndet säger ett exkursionsreferat 1937 (av PER BJÖRK om icke av HESSELMAN själv): »En lavrik, ungefär 200 år gammal tallskog med höjder från 10 till 18 meter. Grenarna på den gamla tallskogen nå ofta ned till ett par meter ovan marken och äro lavbehängda. Tallplantor av höjder från 1 till 5 meter, men ofta rätt gamla, förekomma rikligt.» Jämte talluppslaget finns sparsamt gran och björk. En hel del tallstubbar finnas, ovisst hur gamla, men inga från senare år. Här lades 1924 i luckor med talluppslag fyra omkring 1 ar stora

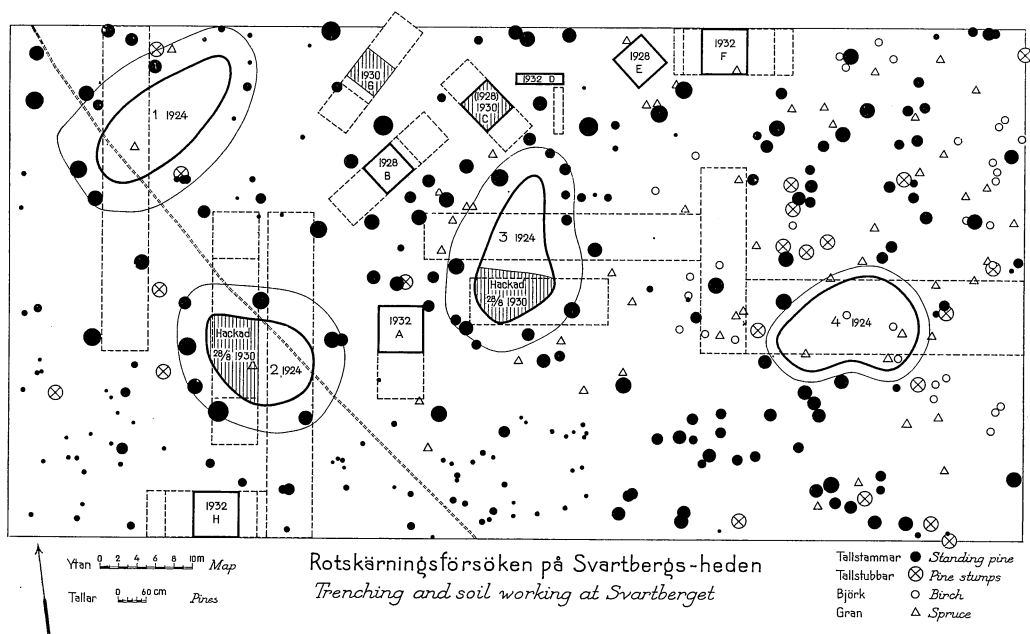


Fig. 8. Runt rotskurna ytor har ritats grov kontur. Hackade ytor ha streckats. Fin linje kring ytorna 1—4 visar gräns för mark skadad vid 1924 års grävning. Bruten linje är gräns för revisionsbälte.

Trenching is shown by heavy contour, hoeing by hatching. Records were taken inside the broken lines. The fine lines around plots 1—4 are to show how far out the surface was disturbed when these plots were trenched in 1924. The place is at  $64^{\circ}14'$  lat. N. near the river Vindelälven.

ytor och 1928—32 några nya, små ( $5\text{--}25\text{ m}^2$ ), mest inklämda mellan träden, där träd stodo något tätare. Kartan å fig. 8 visar ytor, träd och stubbar.

Ytorna på Åheden ligga på nästan ren sand (tab. 10) i skarp tallhed, som när är genomhuggen 1921 och mycket gles. Det är samma tallhed det förut har varit tal om, och här passar nog TAMMS helhetsomdöme kap. 3. Kartan å fig. 9 visar hur ytorna kommo att ligga bland tallar och stubbar, äldre och yngre. De lades ut 1932 och gjordes  $24\text{--}30\text{ m}^2$  stora.

De bägge hedarnas botaniska typ syns i tab. 12. Kring ytorna äro lavarna hela vägen rikliga till ymniga, medan mossorna äro tunnsådda till rikliga på Svartbergsheden och enstaka på Åheden. I lavmattan växer på Åheden utom tall icke mycket mer än ljung (rikligt till ymnigt) och lingon (enstaka till tunnsått), men på Svartbergsheden också björk, ängsvide (*Salix livida*) och blåbär (alla enstaka). På någon enstaka fläck hyser Svartbergsheden ett par örter och något enda gräs, såsom tabellen visar, och delar av den gå lätt över till mossrik typ, när beståndet blir mer slutet.

Enligt skogsmästare O. HENRIKSSON rotskuros de äldsta ytorna på Svartbergsheden (nr 1—4) sommaren 1924 genom att runt omkring dem grävdes ett 6 dm djupt dike, där sedan höggs 3—4 dm djupare i botten med spade och bila för att skära av alla rötter ned till omkring 1 meters djup. Dikesjorden kastades utåt. Dikena stodo öppna till år 1928, då de fylldes igen, därför att »man kunde misstänka, att dikeskanten skulle inverka uttor-

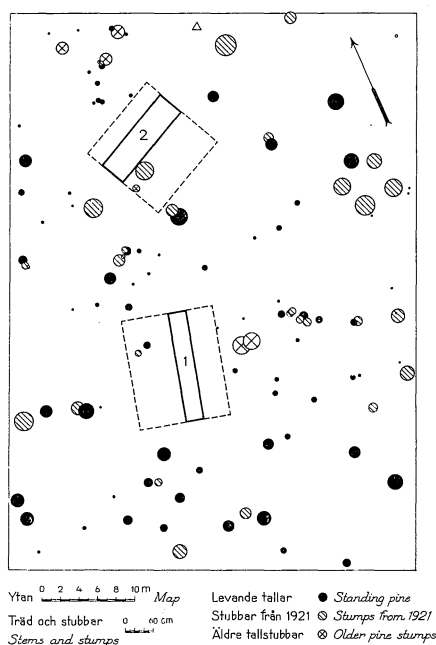


Fig. 9. Ytorna Å1 och Å2, rotskurna 1932. Konturer som i fig. 8.  
Plots Å1 and Å2, trenched in 1932. Contours as in Fig. 8. The place is at 64°9' lat. N. on the river Vindelälven.

kande på omgivningen» (HESSELMAN 1937, PER BJÖRKS referat). Sedan har i stället varje yta rotskurits ånyo 1—2 gånger om året genom att en särskild tung bila har huggits ned till 5 dm djup i tre jämnlöpande skåror runt ytan på det gamla dikets plats. Alla senare rotskärningar ha gjorts enbart på det sättet<sup>1</sup>. Kring rotskurna ytor har på kartorna å fig. 8 och 9 ritats en grov kontur. Den fina linjen därutanför kring ytorna 1—4 på Svart-

<sup>1</sup> År 1938 ersattes rotbilen med ett spadliknande verktyg, som drevs ned till 8 dm djup. Efter 1943 har rotskärningen icke gjorts om.

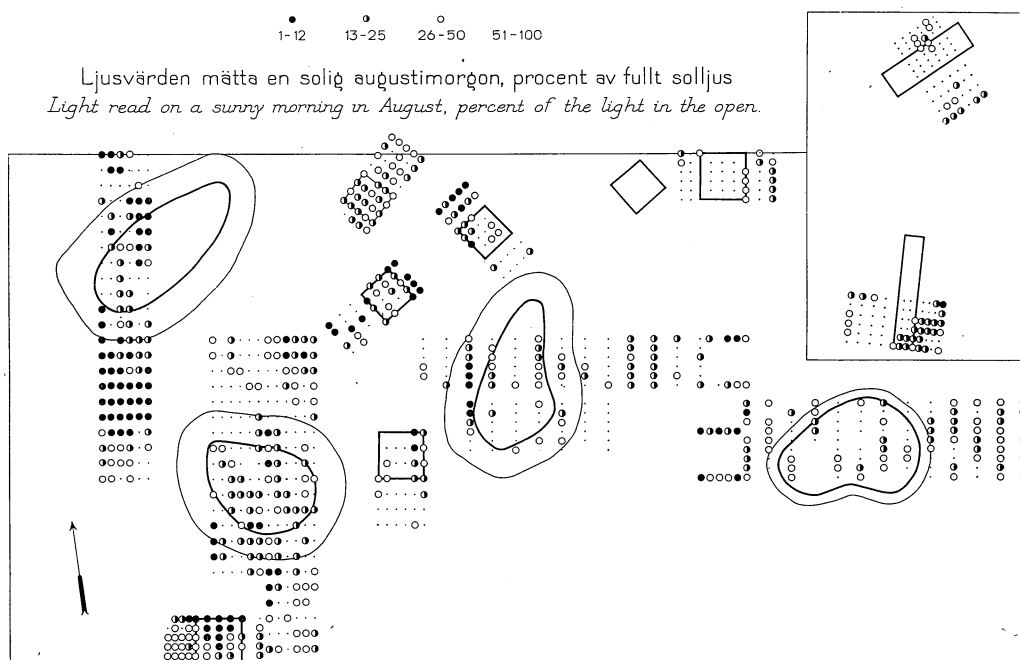


Fig. 10. Ljussmätningar av ERIK BJÖRKMAN på Svartbergsheden och Åheden den 24 aug. 1938 enligt tidsschemat nedan. Nummer och littera, se fig. 8—9.

Luxmeter records at Svartberget and Åheden (Aug. 24, 1938, by E. BJÖRKMAN). The time schedule was as follows (for the numbers and littera, see Figs. 8—9).

Hours of the day    10—11    11<sup>10</sup>—12    12<sup>15</sup>—13    13—13<sup>40</sup>    15—15<sup>50</sup>  
 Plots .....    1—2    H, A, B, G, C    3, F    4    Å 1, Å 2

bergsheden skall visa hur långt ut hedens yta blev rubbad eller översandad, då dikena grävdes.

På somliga rotskurna ytor eller delar av sådana blandades två eller sex år senare myllmänen med sanden därunder till omkring 5 cm djup »för att därigenom erhålla ett bättre tillstånd i marken» (HESSELMAN 1937, PER BJÖRKS referat). Det gjordes med en liten hacka, och därav döddades bl. a. ljungen. En icke rotskuren yta blev hackad på samma sätt.

Sammanlagt blev det 16 ytor eller olika behandlade delar av ytor, såsom följande nyckel visar. I den liksom i tabellerna ha de två ytor på Åheden kallats Å1 och Å2, men ytor på Svartbergsheden fått enbart sina nummer eller littera utom det att hackade delar av två ytor ha fått heta 2h och 3h.

	Enbart rotskurna ytor	Ytor hackade år 1930
Ytor rotskurna 1924.....	I, 2, 3, 4	2h, 3h
Ytor rotskurna 1928.....	B, E	C
Ytor rotskurna 1932.....	A, D, F, H, Å1, Å2	—
Icke rotskuren yta.....	—	G

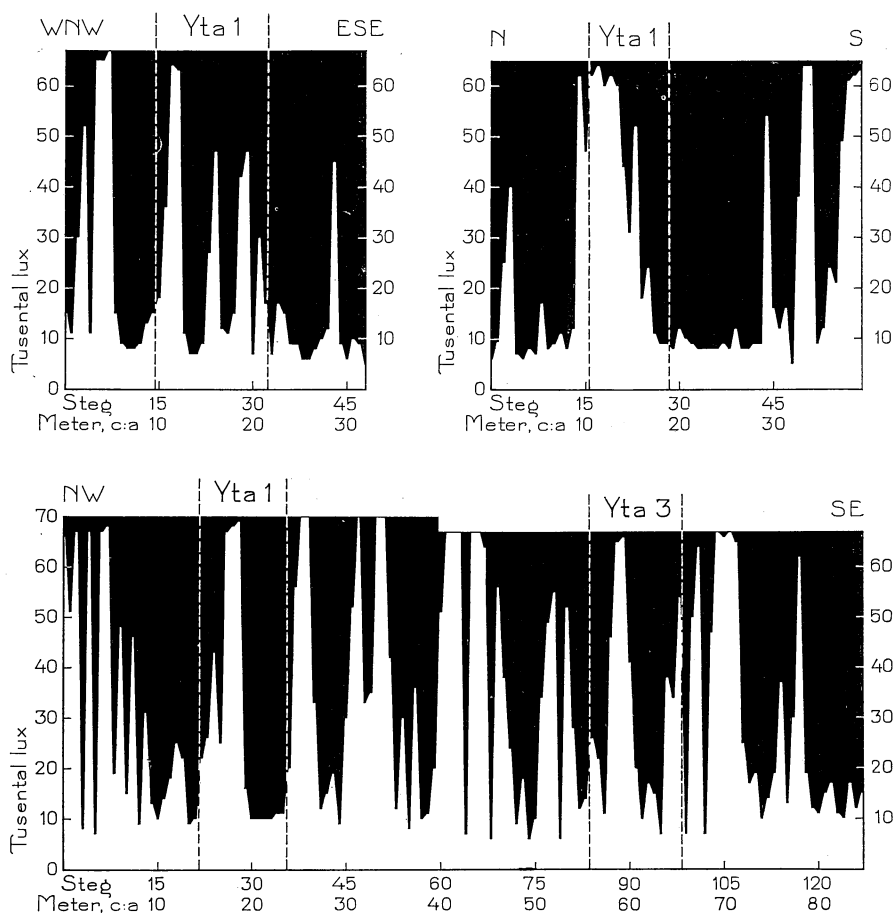


Fig. 11. Ljushmätningar av OLOF LANGLET längs linjer tvärs över yta 1 på Svartbergsheden omkring kl. 10 (linjerna VNV—OSO och N—S) och strax efter kl. 11 (linjen NV—SO) den 1 sept. 1937.

Luxmeter records taken along straight lines running as indicated across plot 1 at Svartberget (by O. LANGLET, Sept. 1st, 1937; lines WNW—ESE and N—S around 10 o'clock, line NW—SE shortly after 11).

Vid sista revisionen 1943 pekade skogsmästare O. HENRIKSSON på Svartbergsheden ut jämförelsefläckar valda 1924, då ytorna 1—4 lades ut, och på den tiden så lika dem som möjligt. Jämförelsekolumnerna i tab. 12 ha gjorts upp efter listor från de fläckarna. Förut ha försöksytorna i stället brukat jämföras med grannsträckorna i taxeringsbälten utlagda tvärs över ytorna så som visas med brutna linjer på kartorna å fig. 8 och 9. Ytan E kom att ligga »i grop» och slopades 1934.

HESSELMAN räknade alltid ljusfaktorn som viktig också i tallhedens ekologi och hade tidigt börjat mäta den (1910, s. 37). På Svartbergsheden och Åhe-

Tab. II. Rotskärningsförsöken på Svartbergs-heden och på Åheden. Ljusbmätningar vid klar himmel  $1/9$  37 och  $24/8$  38. Medelljusvärden i procent av varje mätningsseries medeltal M och av fullt solljus L.

Light recorded on two clear days (Sep. 1, '37; Aug. 24, '38) at Svartberget and at Åheden, averaged and expressed as percentages of M and of L; M being the averages of the particular series, and L being the light in the open. Type of record: N — — — S = line;  $\square$  = strip (see map, Fig. 10).

Yta Plot	Tid, kl. Hour	Serie Type of record	Medelljus på ytan Average light on plot		100 M : L
			M = 100	L = 100	
I	c:a 10	ESE — — — WNW	122	39	32
I	c:a 10	N — — — S	151	60	40
I	c:a 11	NW — — — SE	89	42	48
I	10—10 <sup>30</sup>	$\square$	132	53	40
I	11 <sup>30</sup>	$\square$	114	52	45
2	c:a 10 <sup>30</sup>	$\square$	90	46	51
2	10 <sup>35</sup> —11 <sup>00</sup>	$\square$	93	49	53
3	c:a 11	NW — — — SE	99	45	46
3	c:a 10 <sup>30</sup>	$\square$	96	45	47
3	12 <sup>15</sup> —12 <sup>50</sup>	$\square$	100	50	50
4	c:a 11	E — — — W	82	37	45
4	c:a 11	$\square$	75	33	44
4	13—13 <sup>40</sup>	$\square$	123	53	43
A	11 <sup>20</sup> —11 <sup>30</sup>	$\square$	91	56	62
B	11 <sup>30</sup> —11 <sup>40</sup>	$\square$	90	35	39
C	11 <sup>50</sup> —12 <sup>00</sup>	$\square$	114	63	55
D	12 <sup>10</sup> —12 <sup>15</sup>	$\square$	104	70	67
F	11 <sup>45</sup> —12 <sup>00</sup>	$\square$	107	73	68
G	11 <sup>40</sup> —11 <sup>50</sup>	$\square$	81	30	37
H	11 <sup>10</sup> —11 <sup>20</sup>	$\square$	85	28	33
Å1	15 <sup>00</sup> —15 <sup>25</sup>	$\square$	105	64	61
Å2	15 <sup>30</sup> —15 <sup>50</sup>	$\square$	109	84	77

den fick 1937 O. LANGLET och 1938 E. BJÖRKMAN använda någon klar eftermiddag för att mäta serier i taxeringsbältena eller längs linjer tvärs över ytorna, och till jämförelse mättes också någon enstaka serie vid mulet väder och i skymningen, då skuggorna bli mindre skarpa och alla skillnader mindre. Mätaren var en modern luxmätare med selenfotoelement, och upp till omkring 300 mätningar kunde hinnas med i timmen, så att ljuset kunde mätas praktiskt taget samtidigt på många punkter. Därför kunde varje serie ge en god ögonblicksbild av ljusfläckar och skuggor på en viss yta eller längs en viss linje. I bestånd med så gott om luckor i krontaket som här kunna också mätvärdena tack vare solstrimmorna alltid anges i procent av ljuset på fritt fält, fastän det ohämmade solskenet icke förrän vid 1938 års mätningar mättes upp till jämförelse med hjälp av särskilt instrument. Men likaväl går det icke att ur mätningarna få fram annat än en grov och osäker jämförelse mellan ytorna inbördes eller mellan dem och heden utan-

för. Det beror på att ljuset under ett trädbestånd skiftar så starkt från fläck till fläck och växlar på samma fläckar efter solens gång på himlen och träds-  
skuggornas på marken liksom efter årstid och himlens molnighet. Det syns i fig. 11, som visar ögonblicksbilder av ljusfördelningen längs uppgångna linjer. Fig. 10 visar hur mätbilden tar sig ut på kartan. Med hjälp av kartorna å fig. 8 och 9 kan man se de vandrande skuggorna på marken och ibland läsa av rätt bra vad klockan var när ljuset mättes. Medelvärden ha ställts samman i tab. 11. De ha uttryckts dels i procent av varje series medeltal (d. v. s. ljusmedelvärdet på och närmast ytan), dels i procent av fullt ljus. I sista kolumnen ges seriemedeltalens värden i procent av fullt ljus. Märkvärdigt nog kan man i ingen av kolumnerna klart se ens så mycket som att de yngre och mindre ytorna med avsikt klämdes in mellan träden i motsats till de äldre och större ytorna, som lades i luckor.

## 2. Utslag.

Redan förut ha ord av HESSELMAN anförts efter PER BJÖRK. Så kommer ofta att göras i den text som följer. Källan är då som förut BJÖRKS hittills otryckta utförliga referat av vad som sades på norrlandsexkursionen vid nordiska skogskongressen 1937. Enligt brev från jägmästare BJÖRK hade referaten på sin tid blivit »efteråt underställda vederbörande talare för eventuell rättelse eller komplettering». Man bör därför kunna lita på att texten svarar emot vad HESSELMAN ville ha sagt, när han visade sina försök på Svartbergsheden.

Enligt en anteckning 1928 hade plantorna på de då fyraåriga ytorna 1—4 på Svartbergsheden »ännu ej givit några skönjbara resultat». Nästa år visades försöken vid en exkursion under skogsförsöksanstaltens kongress. Då »kunde man knappast se annat än att de isolerade plantorna voro alldeles likadana som de oisolerade», men »i början av juni månad följande år tyckte vi oss dock märka, att de isolerade plantorna hade en grönare färg» (HESSELMAN 1937, efter PER BJÖRK).

Under 1930-talet mättes fram till år 1936 tre gånger toppskott eller barr från äldre och yngre ytor på Svartbergsheden och de nya på Åheden. Mätningarna blevo sammanställda i diagram till kongressexkursionen 1937. Samma diagram äro tryckta här som fig. 12—18. Myllmånsprov togos sept. 1934 i ett jämnt förband inom taxeringsbältena på och utanför ytorna 1—2, och i dem bestämdes pH, se tab. 13.

År 1934 skrev HESSELMAN på Svartbergsheden: »Rotkonkurrensytorna utveckla sig som förut. Skillnaden mellan rotkonkurrensfria partier och deras omgivning tenderar att bli större än förut. Emellertid är reaktionen alltfjämt ganska svag och en faktor av avgörande betydelse synes rotkon-



## Yta 1 Svartbergs-heden

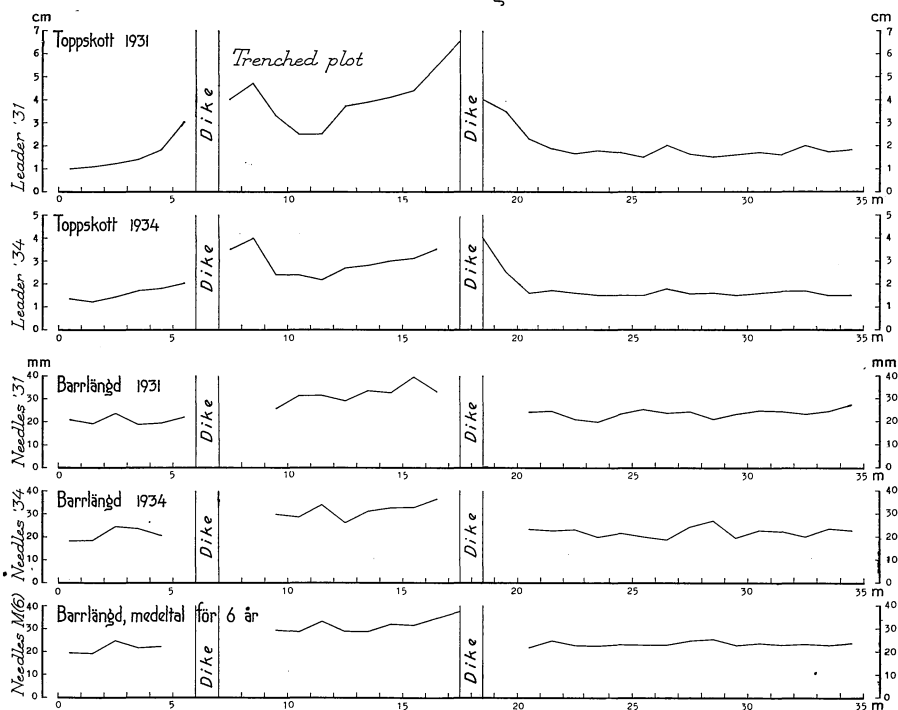


Fig. 12. Diagram gjorda efter siffror från revisionerna 1931, 1934 och 1936. Medeltal meter för meter längs ett 5 m brett bälte inlagt i fig. 8 eller för barren ett meterbrett bälte i mitten. Nedersta kurvan visar medeltal för 6 av de 7 åren 1930—36 (1932 fattas).

Averages of records taken in 1931, 1934, and 1936, along a surveying strip 5 m wide, shown in Fig. 8, or (for needle-length) along a middle strip 1 m wide. The lowermost graph shows averages for 6 out of the 7 years 1930—36 (1932 being not included).

»Dike» = trenching zone.

kurrensen ej vara. Vid elevernas besök iakttogets att fuktigheten var större inom isolerade än inom icke isolerade partier.» Några prov togos för att visa det, men det gick dåligt, se tab. 14. Om ytorna på Åheden skrev HESSELMAN samma år: »Bägge ytorna ha tydligt reagerat. Å ytan nr 2, som ligger något ljusare, är reaktionen starkare än å ytan nr 1. Å bägge ytorna äro plantorna mörkare, barren längre samt årsskotten möjligen något längre än å icke isolerade plantor.»

Hösten 1936 togos nya myllmånsprov, pH och löslig kalk bestämdes, och lagringsprov gjordes, se tab. 13 och 15. Året därpå visades försöken på Svartbergsheden vid skogskongressens exkursion. Diagrammen fig. 12—18 delades då ut i ozalidkopior, och HESSELMAN demonstrerade dem enligt PER BJÖRK i följande ordalag.

## Yta 2 Svartbergs-heden

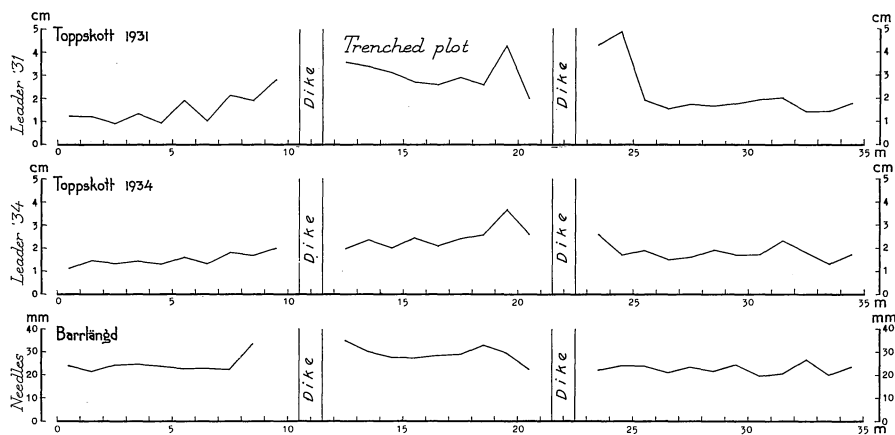


Fig. 13. Förklaring, se fig. 12.

Explanation, see Fig. 12.

## Yta 3 Svartbergs-heden

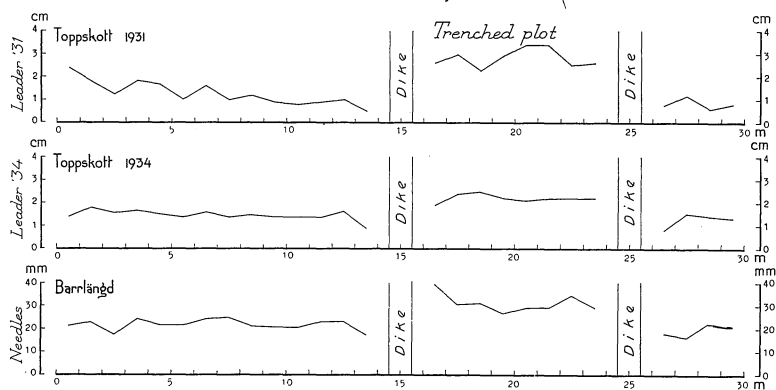


Fig. 14. Förklaring, se fig. 12.

Explanation, see Fig. 12.

»Inverkan av isoleringen har studerats bl. a. på så sätt, att längden av toppskott samt barrlängden å toppskotten uppmätts efter linjer, börjande utanför, övertvärande, och sedan slutande på andra sidan ytorna. Om vi börja med yta 1, se vi av diagrammet över toppskottslängden år 1931 och 1934 att toppskottslängden varierar. Den ökar när vi gått över diket, sjunker när vi kommit till ytans mitt, för att återigen öka mot nästa dike. Utanför provytan — en kraftig minskning av längden. Barrlängden och barrlängdens medeltal för 5 år är större inom ytan. Isoleringen har sålunda i

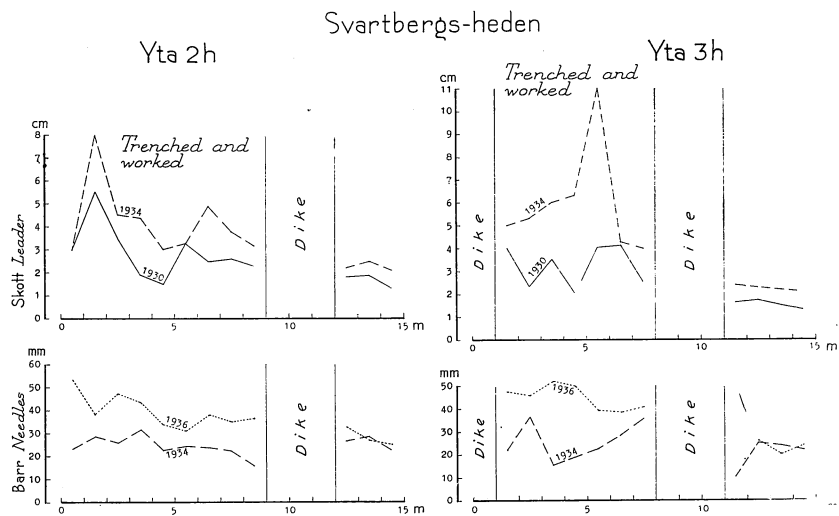


Fig. 15. Diagram för hackade delar av ytorna 2 och 3 i fig. 8. Jämför figurförklaringen till fig. 12.

Diagrams for the parts of plots 2 and 3 hoed in 1930 (hatched in Fig. 8).

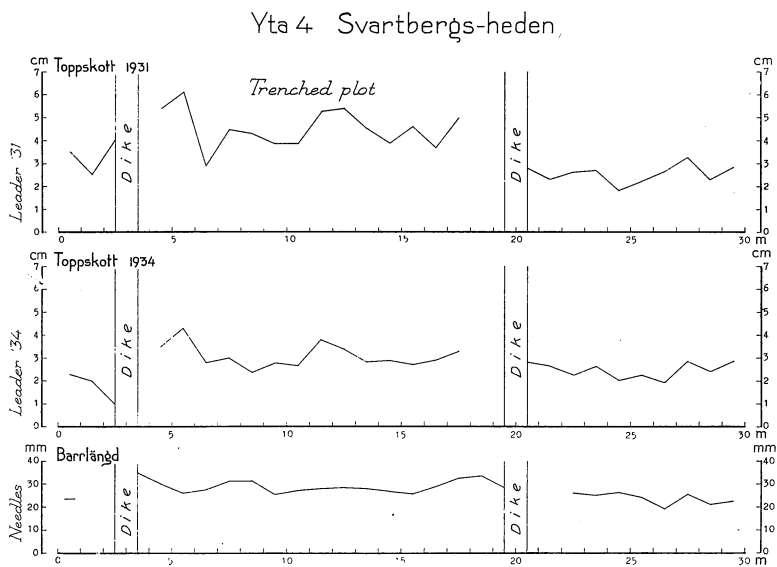


Fig. 16. Förklaring, se fig. 12.

Explanation, see Fig. 12.

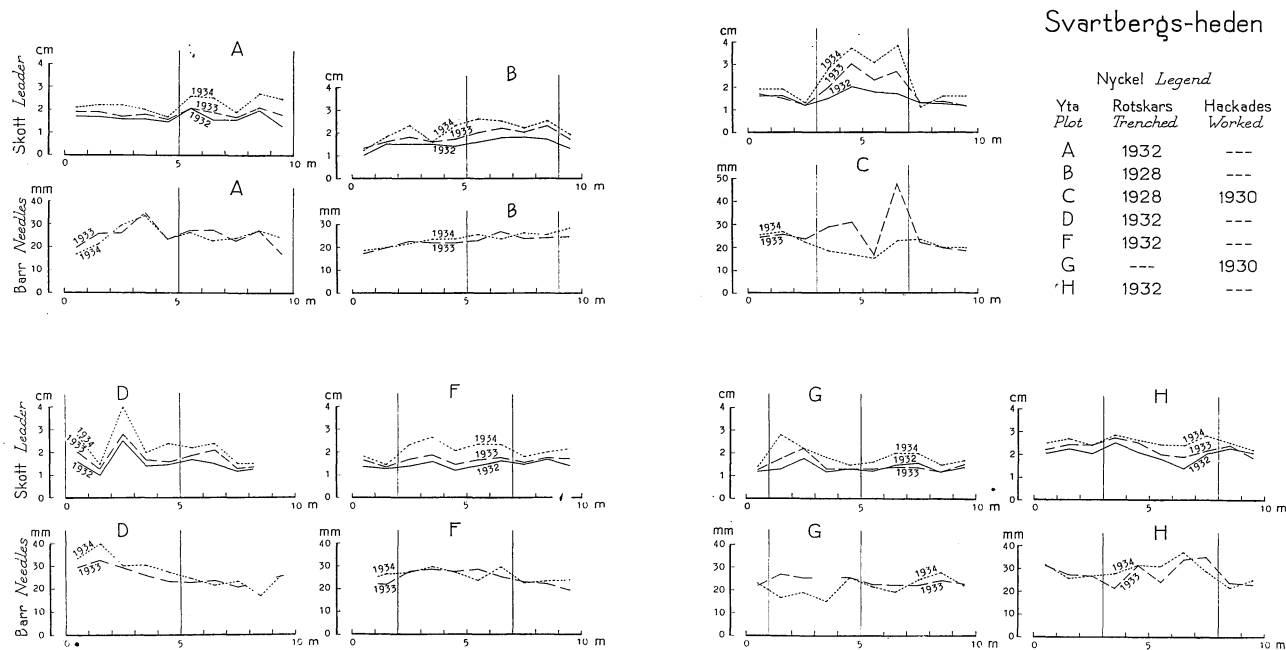


Fig. 17. Förklaring, se fig. 12. Ytornas gränser anges här med enkla linjer. Hänvisningsbokstaven visar var ytan ligger.  
For explanation, compare Fig. 12. Plots are here shown bounded by single lines. The lettering shows where the plots are.

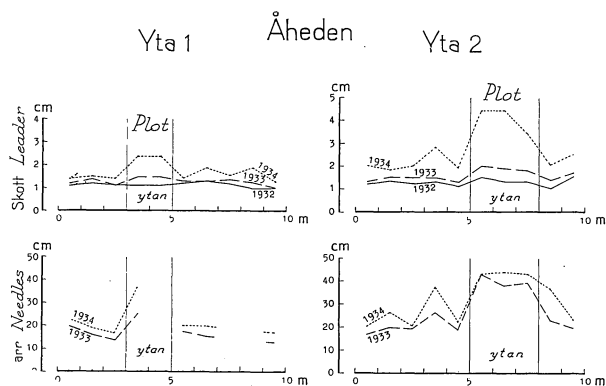


Fig. 18. Första årens utslag på ytorna Å 1 och Å 2. Jämför kartan fig. 9 och förklaringen till fig. 12.

Early results in plots Å 1 and Å 2. See map, Fig. 9. For explanation, compare Fig. 12.

någon mån påverkat plantorna, men de äro påverkade på ömse sidor om diket (genom bearbetningen av marken). Någon stark reaktion kan som synes ej konstateras. Å diagrammet över yta 2 kan man likaledes i fråga om toppskottslängd 1931 och 1934 samt barrlängd konstatera en ökning inom ytan. Samma förhållande beträffande yta 3. Å diagrammet över yta 4, där samma tendens avspeglas, är längdökningen vid kanterna särskilt accentuerad. Å ytorna 2 och 3 utfördes 1930 en markbearbetning, varvid humuslagret med en hacka blandades med mineraljorden för att därigenom erhålla ett bättre tillstånd i marken. Detta har även medfört en väsentlig ökning av toppskottslängd och barrlängd. Å en del smärre ytor ha vissa plantgrupper genom nedstickning av spade isolerats från omgivningen (1932). Resultatet härav är ännu ej särskilt framträdande.»

Försöksutslaget i övrigt redovisades vid samma tillfälle enligt PER BJÖRKS referat på följande sätt.

»Undersökningar ha visat, att humuslagret är mindre surt inom de isolerade partierna. Det torra humuslagret är där mer luckert och mullartat. — I parceller, som äro hackade men ej isolerade, har reaktion ej inträtt, men väl vid hackning och isolering kombinerade. — Rötterna undersöktes år 1936 av fil. mag. ERIK BJÖRKMAN, som lämnat följande sammanfattning av sina undersökningar: 1. Ungplantorna vid diken ha bättre rötter än eljest. I ytornas mittpartier äro rötterna ej bättre utvecklade än utanför ytorna. 2. I de hackade partierna äro rötterna mycket bättre utvecklade och ha en bättre utveckling av mykorrhizor.»

Svamparna på och kring de rotskurna ytorna tecknades upp av E. BJÖRKMAN på eftersommaren 1938, då rörsoppar voro framme i mängd på tallhedarna (*Boletus edulis*, *luteus*, *rufus*). Han skrev: »Särskilt vanliga äro svam-

Tab. 12. Rotskärningsförsöken 1—4 på Svartbergsheden och 1—2 på Åheden. Artlista juli 1943 (CARL MALMSTRÖM).

Plants recorded July, 1943, in and around plots 1—4 at Svartberget and plots 1—2 at Åheden.

	Svartbergs-heden			Å h e d e n		
	Ytorna Plots	Dikena Trenches	Utanför Checks	Ytorna Plots	Dikena Trenches	Utanför Checks
Ungträd utom tall <i>Saplings other than pine</i>						
Asp..... <i>Aspen</i>	×	—	—	—	—	—
Björk..... <i>Birch</i>	×	—	×	—	—	—
Gran..... <i>Spruce</i>	×	—	×	—	—	×
Trädplantor <i>Seedlings</i>						
Asp..... <i>Aspen</i>	—	+	—	—	—	—
Björk..... <i>Birch</i>	—	×	—	—	+	—
Gran..... <i>Spruce</i>	—	+	—	—	—	—
Tall..... <i>Pine</i>	—	×	—	—	×	—
Buskar och ris <i>Shrubs</i>						
Blåbär <i>Vaccinium myrtillus</i>	×	—	+	—	—	—
Lingon <i>Vaccinium vitis idæa</i>	×	×	×	×	×	×
Ljung <i>Calluna vulgaris</i> ...	×	×	×	×	×	×
Mjölon <i>Arctostaphylos uva</i> <i>ursi</i> .....	—	×	—	—	—	—
Viden <i>Salices; mostly livida</i>	×	×	×	—	—	—
Örter <i>Herbs</i>						
<i>Antennaria dioica</i> .....	×	+	+	—	—	—
<i>Melampyrum pratense</i> ....	+	—	—	—	—	—
<i>Solidago virgaurea</i> .....	—	—	+	—	—	—
Gräs <i>Grasses</i>						
<i>Agrostis capillaris</i> .....	—	+	—	—	—	—
<i>Avena sativa</i> .....	—	+	—	—	—	—
<i>Calamagrostis cf. lapponica</i>	+	×	+	—	—	—
<i>Deschampsia flexuosa</i> ....	+	×	—	—	—	—
<i>Luzula multiflora</i> .....	—	+	—	—	—	—
<i>Luzula pilosa</i> .....	—	+	—	—	—	—
Mossor <i>Mosses</i>						
<i>Dicranum undulatum</i> .....	×	—	×	—	—	—
<i>Ditrichum homomallum</i> ....	—	+	—	—	—	—
<i>Hylocomium Schreberi</i> ....	×	—	×	—	—	+
<i>Polytrichum juniperinum</i> ..	×	×	+	×	×	×
<i>Polytrichum piliferum</i> ....	—	—	—	+	+	—
<i>Scapania curta</i> .....	—	+	—	—	—	—
<i>Webera nutans</i> .....	+	+	—	—	—	—

	Svartbergs-heden			Å h e d e n		
	Ytorna Plots	Dikena Trenches	Utanför Checks	Ytorna Plots	Dikena Trenches	Utanför Checks
Lavar						
<i>Lichens</i>						
<i>Cetraria islandica</i> .....	+	—	×	+	—	+
<i>Cladoniae; mostly deformis</i>	+	—	×	×	+	×
<i>Cladonia rangiferina</i> .....	×	—	×	×	×	×
<i>Cladonia sylvatica</i> .....	×	—	×	×	×	×
<i>Cladonia uncialis</i> .....	—	—	—	×	×	×
<i>Peltigera aphotosa</i> .....	×	—	×	—	—	—
<i>Solorina crocea</i> .....	—	—	+	—	—	—
<i>Stereocaulon paschale</i> .....	+	—	×	—	—	—

Teckenförklaring: × funnen på två eller flera ytor.

Explanation: × found in two or more plots.

+ funnen på en enda försöks- eller jämförelseyta.

+ found in one plot only.

*Claves nominum*: C. A. M. Lindman, Svensk fanerogamflora, 2 uppl., Stockholm 1926; C. Jensen, Skandinaviens bladmosflora, Köpenhamn 1939; A. H. Magnusson, Flora över Skandinaviens busk- och bladlavar, Stockholm 1929.

Tab. 13. Rotskärningsförsöken på Svartbergs-heden. Myllmånens surhetsgrad september 1934 och september 1936 på och utanför rotskurna ytor, somliga hackade. Average pH in samples of humus layer taken at Svartberget (Sep., 1934, and Sep., 1936) in plots trenched or trenched and hoed and in check strips.

Yta Plot	År sedan ytan Years since		pH på ytorna pH in plots	pH utanför pH outside	Antal prov Number of samples
	rotskars trenched	hackades hoed			
I	10	—	4.27±0.02	4.02±0.03	23+20
I	12	—	4.21±0.03	3.96±0.03	30+30
2	10	—	4.10±0.02	4.04±0.05	22+25
2	12	—	4.10±0.02	3.91±0.02	30+60
2h	12	6	4.55±0.03	3.91±0.02	30+60
3	12	—	4.07±0.03	3.97±0.03	30+60
3h	12	6	4.48±0.03	3.97±0.03	30+60
I+2	10	—	4.19±0.02	4.03±0.03	45+45
I+2+3	12	—	4.13±0.02	3.94±0.01	90+150
2h+3h	12	6	4.51±0.02	3.94±0.02	60+120

parna i och mellan de tre skårorna omkring de rotisolerade provytorna.» Smörsoppen fann han »starkt bunden till dessa skåror, företrädesvis, synes det, den innersta», men de två andra sopporna »knappast vanligare mellan skårorna än på provytan och heden för övrigt».

BJÖRKMAN (1942, s. 23—25) har sedan själv skrivit om både mykorrhizan och svamparna och på samma gång en del om utslaget på ytorna och mellan skårorna. Muntligt har docent BJÖRKMAN talat om att i skårorna, men endast där, ha hittats mängder av stenmurklor.

Tab. 14. Rotskärningsförsöken på Svartbergs-heden. Markfuktighet juli 1934 på och kring två rotskurna ytor. Spridning och medeltal.

Percentage of water in soil at Svartberget July, 1934, in trenched plots, between trenching cuts, and outside plots. Distribution of samples in classes, and averages.

Ytan rotskuren <i>When trenched</i>	Proven tagna <i>Where sampled</i>	Fuktighet, % <i>Moisture, per cent</i>						
		Antal prov i klasserna <i>Number of samples by classes</i>						Medeltal, % <i>Averages</i>
		8	9—10	11—12	13—14	15—16	17—18	
1924	På ytan..... <i>In trenched plot</i>	—	—	—	1	2	2	16
	Kring ytan..... <i>Outside plot</i>	—	—	—	1	1	3	16
1928	På ytan..... <i>In trenched plot</i>	1	—	—	3	—	—	12
	Mellan skårorna..... <i>Between cuts</i>	—	1	1	—	1	—	12
	Kring ytan..... <i>Outside plot</i>	1	—	1	1	—	—	11

Åren 1938 och 1941 gjordes nya plantrevisioner, som något kompletterades 1942. Åren 1941 och 1942 togos också prov av tallbarr på och utanför några ytor på Svartbergheden, och i dem bestämdes endera torrsubstans och klorofyll eller kväve. Siffrorna ha nu ställts ihop så som tab. 16—20 visa.

I tab. 16 ges först antal plantor per ar minst 10 cm höga, och sedan jämföras höjdklass för höjdklass plantantalen på ytorna med antalen i jämförelsebältena. Överskott eller underskott på ytan anges i antal plantor per ar. I lägre höjdklasser ser man ofta negativa värden, d. v. s. underskott. Det är så på ohackade ytor liksom på hackade. I de översta höjdklasserna är det ibland överskott. Det är igen så både på ohackade och hackade ytor. Kanske är där en tendens till de hackade ytornas förmån. Sämre än de andra ter sig den hackade men icke rotskurna ytan G med sitt låga plantantal och sina underskott också i de översta klasserna.

Skott- och barrlängder jämföras i tab. 17 och 18. Tab. 17 ger för de två ytorna på Åheden medellängder med medelfel för att visa hur pass säkra siffrorna äro. I tab. 18 jämföras alla de reviderade ytorna med sina jämförelsebälten på liknande sätt som gjordes i tab. 16, men överskott eller underskott på ytan är här uttryckt i procent av jämförelsesiffran. De flesta siffror visa överskott för ytorna utom för yta G, där det är nästan idel underskott. Tendensen till de hackade ytornas förmån är här klarare, men icke starkare än att det allra högsta procentöverskottet händelsevis hör till en ohackad yta. Ingen klar inverkan syns av ytornas ålder.



Tab. 15. Rotskärningsförsöken på Svartbergs-heden. Analyser av myllmånsprov tagna i september 1936. Halt av salmiaklöslig kalk och frigöring av kvävenäring vid lagring 3 månader. Spridning och medeltal i promille av humushalten. »Check» = jämförelsebälte. Data on samples of humus layer taken at Svartberget Sep., 1936, in plots trenched or trenched and hoed and in check strips. Distribution of samples in classes, and averages.

$\text{CaO}_{\text{sol}}$  = lime extracted by ammonium chloride;  $N_{\text{mob}}/3\text{m}$  = increase of available nitrogen in 3 months; both in parts to 1000 parts of organic matter (loss on ignition).

Yta Plot	Antal prov med kalkhalterna <i>Samples holding of <math>\text{CaO}_{\text{sol}}</math></i>						$\text{CaO}_{\text{sol}}$  Medeltal <i>Averages</i>	Prov med N-mobiliseringen <i>Samples showing a <math>N_{\text{mob}}/3\text{m}</math> of</i>							$N_{\text{mob}}/3\text{m}$  Medeltal <i>Averages</i>
	2.0—2.9	3.0—3.9	4.0—4.9	5.0—5.9	6.0—6.9	7.0—7.9		0—0.2	0.3—0.5	0.6—0.8	0.9—1.1	1.2—1.4	1.5—1.7	1.8	
I Check	— —	— —	— 1	3 2	1 2	1 —	6.2 5.5	4 5	— —	1 —	— —	— —	— —	— —	0.18 0.02
2h 2 Check	— — 1	— — 7	4 5 2	1 — —	— — —	— — —	4.4 4.5 3.7	2 1 2	2 1 2	— 3 2	1 — 1	— — 2	— — —	— — 1	0.40 0.54 0.79
3h 3 Check	— — —	— — 2	1 4 6	4 1 2	— — —	— — —	5.0 4.7 4.4	3 5 6	— — 2	2 — 2	— — —	— — —	— — —	— — —	0.36 0.04 0.25
2h+3h 1+2+3 Checks	— — 1	— — 9	5 9 9	5 4 4	— 1 2	— 1 —	4.7 5.1 4.3	5 10 13	2 1 4	2 4 4	1 — 1	— — 2	— — —	— — 1	0.38 0.25 0.42

I tabellerna liksom förut i diagrammen ha alla plantor i de gamla dikena kring ytorna och i eller mellan skårorna slopats, så att alla jämförelser gälla ungtagar eller tallplantor klart inom och klart utanför ytorna.

På de rotskurna och särskilt på de också hackade ytorna blevo tallbarren enligt siffrorna i tab. 19 och 20 längre och tyngre med större halt av vatten och klorofyll och en klar tendens till större kvävehalt, som gjorde sitt till för att höja kvävemängden per barr till ibland nära den dubbla mot utanför ytorna.

År 1941 fann HESSELMAN, att ytorna på Svartbergheden »ha utvecklat sig utomordentligt vackert de senaste åren. Flertalet ytor stå som oaser inne i tallskogen utmärkta av snabbare tillväxt och mörkare barrfärg». Också de ohackade, mellan träden inklämda småytorna (A, B, D, F, H) visade »positiv reaktion». Den enbart hackade ytan G visade »ingen reaktion». Där hade icke heller ljungen kommit igen. Det hade den gjort på de andra hackade ytorna (2h, 3h, C). På själva ytorna syntes ingen ändrad markvegetation. Men i de gamla dikena kring ytorna 1—4 växte mellan skårorna vackra tallplantor, plantor av viden, asp och björk och något litet

Tab. 16. Rotskärningsförsöken på Svartbergs-heden och på Åheden. Tallplantor per ar minst 10 cm höga och plantöverskott per ar inom olika höjdklasser jämfört med kontrollbältet.

Seedling or sapling pine in trenched plots and in plots trenched and hoed at Svartberget. Totals to the are 10 cm or over, and excess numbers to the are in different height classes compared to the numbers found in check strips.

Yta Plot	År sedan ytan Years since		Antal per ar Pines to the are ≥ 10 cm	Överskott per ar inom cm-höjdklasserna Excess pines to the are of the heights (cm)								
	rotskars trenched	hackades hoed		10— —24	25— —49	50— —74	75— —99	100— —149	150— —199	200— —249	250— —299	≥ 300
A	6	—	332	—160	— 76	+ 12	—20	—16	—	—	—	—
D	6	—	580	—720	± 0	— 40	—60	—	—	—	—	—
F	6	—	636	— 48	+ 68	+ 24	+ 8	— 4	± 0	+ 4	—	—
H	6	—	816	—162	—100	— 10	— 6	— 8	— 8	+ 4	—	+ 2
Å1	6	—	383	+ 9	+ 75	+ 4	— 2	— 1	—	—	—	— 1
Å2	6	—	523	+ 46	+162	+ 27	— 3	— 1	—	—	—	—
Å1	10	—	513	— 17	+ 77	+ 37	+25	+ 6	— 1	—	—	— 1
Å2	10	—	730	+ 38	+121	+139	+56	+13	+ 7	—	—	—
B	10	—	1082	+ 42	+271	+ 56	+13	— 4	—	—	—	—
C	10	8	612	+141	—106	— 42	—14	+26	—	—	—	—
3	14	—	789	—109	+212	+ 59	+43	+54	—	—	—	—
2h	14	8	321	—234	—238	— 45	— 3	+13	+ 6	+ 3	+ 3	—
3h	14	8	507	—256	—222	— 18	—93	—32	+21	—	—	—
C	14	12	969	+273	+ 4	— 31	—17	± 0	+23	—	—	—
1	17	—	768	—227	— 92	+ 41	+12	+79	+32	+ 7	+ 7	—
2h	17	11	596	+143	—195	— 59	—43	— 4	+12	+22	—	+ 4
3h	17	11	830	+ 50	—370	— 41	+ 6	—59	+ 2	+17	+13	—
G	—	8	144	—589	— 94	± 0	— 2	—12	— 4	—	—	—
G	—	12	169	—396	—177	+ 23	± 0	—15	— 4	—	—	—

mossa och gräs. I skårorna kring yngre ytor, där ingenting hade grävts, växte vackra tallplantor, men där sågs inga plantor av björk eller viden. Mellan skårorna kring samma ytor sågs »ibland något mer *Polytrichum*» och på ett ställe (yta A) kattfot och gullris.

Nästa år jämförde HESSELMAN den enbart hackade ytan G med den rotskurna och hackade ytan C och skrev om G: »Ingen reaktion på småplantorna, markbetäckning barr» och om C: »Ändrad markvegetation, kraftig reaktion på plantorna.» Också Åheden besökte han och skrev där, att markvegetationen var »oförändrad» och »ej märkbart påverkad» på själva ytorna, där tallen på yta 2 visade »vacker utveckling», så att där nu var »ett ganska vackert, rakväxande ungbestånd», medan ytan 1 »visar mindre kraftigt utslag än 2. Den är något mera beskuggad. Plantorna möjligen något mörkare

Tab. 17. Rotskärningsförsöken på Åheden, 6 och 10 år efter rotskärningen. Årets toppskott och barr hos tallplantor i olika höjdklasser på och utanför ytorna.

The year's leader and needles in young pine at Åheden in plots trenched or not 6 or 10 years earlier.

	Höjd- klasser <i>Height classes</i> cm	Medellängder i mm av årets toppskott eller barr <i>Average lengths of the year's leader or needles, mm</i>					
		Yta 1 <i>Plot 1</i>	Utanför <i>Check</i>	Yta 2 <i>Plot 2</i>	Utanför <i>Check</i>	Ytor 1+2 <i>Plots 1+2</i>	Utanför <i>Checks</i>
Skott Leader 1938	10—24	30±2	22±1	36±2	24±1	34±2	22±1
	25—49	58±5	34±2	65±4	47±3	63±3	39±2
	50—74	73±17	38±8	130±8	74±20	115±10	52±9
Barr Needles 1938	10—24	34±1.4	27±0.6	35±1.3	29±0.6	34±0.9	29±0.4
	25—49	34±1.3	29±1.0	34±1.1	30±1.0	34±0.9	29±0.7
Skott Leader 1942	10—24	28±2	18±0.8	33±2	23±1	31±1	20±1
	25—49	57±6	36±2	66±3	44±2	63±3	40±1
	50—74	93±8	44±4	92±5	71±6	92±4	55±4
	75—99	97±2	50±11	126±9	70±2	119±8	62±11

än utanför». Ordet möjligen är understruket, och där står ett frågetecken efteråt inom parentes.

Professor HESSELMAN såg sedan aldrig sina rotskärningsförsök, men de reviderades botaniskt som hastigast av professor CARL MALMSTRÖM i juli 1943, se tab. 12. Då jämfördes också ytorna 1—4 på Svartbergsheden med de gamla jämförelsefläckar skogsmästare HENRIKSSON pekade ut, de som år 1924 voro så lika ytorna som möjligt. Nu hade samma fläckar, alla fyra, tunnare och lägre ris, mera lavar och mindre mossor än ytorna och gjorde ett torftigare och mer hedartat intryck. Växtsamhället tycks alltså ha ändrat sig åt det mossrika hållet på de rotskurna ytorna. Däremot syntes ingen större skillnad i frodighet eller annat mellan de hackade ytorna 2h och 3h och de ohackade 2 och 3. Det enda var, att det fanns kattfot och *Calamagrostis* med i artlistan på 3h men icke på 3. Plantor och nya växter funnos för övrigt praktiskt taget endast mellan skårorna i de gamla diken, se tab. 12.

På yta 1 sågo tallbarren ut att vara säkert längre i genomsnitt än på den gamla jämförelseytan, och ungtallarna kallades på det hela taget rätt växtliga och friska, fastän de lägre voro rätt angripna av snöskytte. Högsta tallen på ytan var omkring 4,5 m. På hela ytan 2+2h bedömdes ungtallarnas växt vara något bättre än runt omkring och ljung och lingon något yppigare. Högsta tallen var 3,8 m på 2h och 3,3 m på 2. Inom yta 3+3h voro tall och gran något växtligare än runt om, risen en aning högre och mossorna något ymnigare. De högsta tallarna nådde omkring 3 m på 3h

Tab. 18. Rotskärningsytorna på Svartbergs-heden och på Åheden. Procent större höjdtillväxt och barrlängd inom ytorna än utanför hos tallplantor i olika höjdklasser. Excess height growth and length of needles in young pine in plots variously treated at Svartberget and at Åheden.

	Yta Plot	År sedan ytan Years since		Höjdklasser (cm) Height classes (cm)				
		rotskars trenched	hackades hoed	10—24	25—49	50—74	75—99	100—149
% längre årsskott Shoot averages longer by (per cent)	A	3—6	—	+ 13	+ 3	+ 38	+ 10	— 46
	D	3—6	—	—	+ 45	+ 81	+ 79	—
	F	3—6	—	—	+ 30	+ 86	+ 96	+ 116
	H	3—6	—	+ 28	+ 21	+ 9	+ 9	— 4
	Å <sub>1</sub>	6	—	+ 38	+ 72	+ 89	—	—
	Å <sub>2</sub>	6	—	+ 53	+ 39	+ 75	—	—
	B	7—10	—	+ 25	+ 25	+ 33	+ 71	—
	C	7—10	5—8	+ 61	+ 119	+ 52	+ 124	+ 51
	Å <sub>1</sub>	10	—	+ 56	+ 59	+ 114	+ 94	—
	Å <sub>2</sub>	10	—	+ 39	+ 49	+ 30	+ 80	—
	3	11—14	—	+ 25	+ 56	+ 84	+ 129	+ 583
	3h	11—14	5—8	—	+ 132	+ 106	+ 171	+ 146
	2h	11—14	5—8	+ 50	+ 69	+ 138	+ 132	+ 118
	C	12—13	10—11	+ 73	+ 85	+ 54	+ 77	+ 106
	C	14	12	+ 56	+ 43	+ 129	+ 34	+ 184
	1	16—17	—	+ 13	+ 12	+ 26	+ 38	+ 76
	3h	16—17	10—11	+ 100	+ 100	+ 69	+ 351	+ 67
	2h	16—17	10—11	+ 79	+ 113	+ 65	+ 96	+ 140
	G	—	5—8	— 12	+ 4	— 6	— 20	—
	G	—	10—11	— 8	+ 27	— 8	— 36	— 52
	G	—	12	— 13	+ 8	— 3	— 14	— 70
% längre barr Needles average longer by (%)	A	5—6	—	+ 8	+ 8	+ 22	± 0	— 8
	D	5—6	—	+ 15	+ 24	+ 17	+ 7	—
	F	5—6	—	+ 27	+ 17	+ 13	+ 23	+ 13
	H	5—6	—	+ 20	+ 19	+ 25	— 4	— 26
	Å <sub>1</sub>	6	—	+ 25	+ 16	—	—	—
	Å <sub>2</sub>	6	—	+ 20	+ 15	—	—	—
	B	9—10	—	+ 20	+ 12	+ 16	+ 13	—
	C	9—10	7—8	+ 58	+ 69	+ 4	+ 62	+ 70
	3	13—14	—	+ 13	+ 25	+ 43	+ 8	+ 32
	3h	13—14	7—8	+ 75	+ 56	+ 35	+ 68	+ 50
	2h	13—14	7—8	+ 56	+ 37	+ 50	+ 56	+ 30
	G	—	7—8	— 8	— 12	— 18	+ 13	—

och 2,4 m på 3. På yta 4 kallades tallarna genomgående växtliga och risen rätt höga. En tall nådde 4,8 m. Småytorna reviderades icke.

På Åheden sågs ingen skillnad att tala om mellan ytorna och heden runt omkring i markvegetationens sammansättning eller yppighet, men tallen syntes på yta 1 frodigare än utanför.

Snöskytte härjade allmänt i de lägre höjdklasserna på Svartbergheden på och kring ytorna, mindre svårt på Åheden.

Anteckningarnas vittnesbörd stöddes av fotografier från åren 1934, 1936, 1938, 1941 och 1943. Här är medtagen en bild från 1941, fig. 19.

Tab. 19. Rotskärningsförsöken på Svartbergs-heden. Analyser av barrprov tagna hösten 1941 (29 sep.) på och utanför ytor rotskurna 1924, den ena hackad 1930.

Data on pine needles sampled in 1941 (Sep. 29) at Svartberget in plots trenched in 1924, one of them hoed in 1930, and outside plots. Contents of chlorophyll refer to 1 000 parts fresh weight of needles.

Medeltal av <i>Averages of</i>	Yta 1 <i>Plot 1</i>	Utanför <i>Check</i>	Yta 3h <i>Plot 3h</i>	Utanför <i>Check</i>	% överskott på yta <i>Excess over check, p. c.</i>	
					1	3h
Torrsvikt, mg/barr..... <i>Dry weight, mg</i>	9.4	7.5	9.5	7.0	+25	+36
Torrsubstans, %..... <i>Dry matter, per cent</i>	37.2	38.9	38.4	39.7	— 4	— 3
Klorofyll a, promille..... <i>Chlorophyll A</i>	0.65	0.62	0.71	0.62	+ 5	+15
Klorofyll a+b, promille... <i>Chlorophyll A+B</i>	0.92	0.88	1.01	0.89	+ 5	+14

Tab. 20. Rotskärningsförsöken på Svartbergs-heden. Barrns längd och kvävehalt i prov tagna 1942 på och utanför rotskurna eller rotskurna och hackade ytor.

Data on pine needles sampled in 1942 at Svartberget in plots variously treated.

Yta Plot	År sedan ytan <i>Years since</i>		Barrlängd i me- deltal, mm  <i>Average length of needles, mm</i>		Kväve i barren <i>N in needles</i>				% mer N per barr på ytan <i>In plots, excess N to a needle, per cent</i>
	rotskars <i>trenched</i>	hackades <i>hoed</i>			promille <i>To 1 000 parts dry weight</i>		γ per barr <i>Average content γ a needle</i>		
			På ytan <i>Plot</i>	Utanför <i>Check</i>	På ytan <i>Plot</i>	Utanför <i>Check</i>			
B	14	—	33 ± 1.4	27 ± 1.0	12	13	84	59	+42
C	14	12	31 ± 0.9	26 ± 0.6	16	12	97	57	+69
1	18	—	36 ± 0.8	32 ± 0.9	14	14	109	89	+22
4	18	—	33 ± 1.1	28 ± 0.5	14	13	108	82	+31
2h	18	12	40 ± 1.7	30 ± 1.0	16	13	156	79	+97
3h	18	12	38 ± 0.8	28 ± 1.0	17	14	143	77	+86

### 3. Tolkning.

Enligt PER BJÖRKS referat satte professor HESSELMAN in sina försök i deras sammanhang på följande sätt, när han visade dem vid kongressesekursionen 1937. (BJÖRK har ett ortnamn och ett årtal fel; här rättat.)

»Som bekant har man mycket diskuterat det inflytande de äldre trädens rötter kunna utöva på föryngringen. Man har ansett att föryngringen tillbakahållits därav i sin utveckling.» FRICKE fann på sina rotskurna ytor, »att plantorna snabbt började utvecklas, vilket fenomen han förklarade som beroende på befrielsen från de äldre trädens rotkonkurrens». Vid liknande försök av TOUMEY i bestånd av *Pinus Strobus* vid Keene, N. H., med mest tallbarr på marken visade det sig, »att tillväxten påtagligen ökades samt



Foto O. LÅNGLET 24 sept. 1941.

Fig. 19. Yta 1 på Svartbergsheden från nordost 17 år efter rotskärningen. Ytan syns som en ö med ungtall. Närmast utanför skymtar ett smalt bälte (mellan skårorna) med växtliga tallungplantor. Därutanför ser man ett bredare naket bälte, där marktäcket kom bort 1924—28 och icke har kommit igen.

Plot 1 at Svartberget seen from the northeast, 17 years after trenching. The plot stands out as an island with its tall saplings. It is bordered by a strip where there are thrifty seedlings. This is between the trenching lines, along which every year a huge ax was sunk with heavy blows some 20 inches to cut roots anew. Outside of this strip is a much wider zone scraped in 1928, remaining barren.

att barrlagret snabbt började förmultna. Små gräs- och örtplantor började rätt snart infinna sig.»

Diagrammen demonstrerades nu och tolkades sedan som följer: »Jag vill framhålla, att reaktionen vid de här utförda försöken är ganska svag och infann sig sent, vilket innebär en stor skillnad mot försöken vid Keene, N. H., där reaktion inträdde samma år. Att här reaktionen är så svag, torde bero på den relativt starka beskuggningen. Här har emellertid också visat sig, att en markomvandling måste ske, innan reaktion skall komma till stånd.» Ändringen i pH visar »en viss omvandling av humuslagret, analog med den förmultning, som inträdde vid försöken vid Keene, N. H. Vad kan anledningen vara till den snabba förmultningen vid försöken i Amerika? Inom parcellerna ökades markfuktigheten, vilket i det torra men sommarvarma klimat som där råder har den inverkan, att förmultningsprocesserna fingo bättre betingelser. Här ha vi snabbast erhållit reaktion vid förutnämnda markbearbetning», d. v. s. om hackning kombineras med rotskärning. »Rot-

konkurrens är sålunda för handen, men ej i så påfallande grad som vid de utländska försöken.»

Nu undrade jägmästare ERIC RONGE om icke tillväxtökningen vid diken (jfr den här förut avtryckta demonstrationen av diagrammen) och hackningens verkan kunde förklaras enligt ROMELL 1934, då ju rötter skäras av i skårorna, dödas och multna, och då en hel del växtmaterial dödas också vid hackningarna. Svaret blev enligt BJÖRKS referat följande:

»Hackningen medför givetvis en aktivering av humustäcket. De delar av detsamma som komma ned i mineraljorden få en mullartad struktur. På de parceller som isolerats endast med spadstick (3 spadstick) visar det sig, att de plantor som stå mellan spadränderna utvecklats sig bäst. Vad som föranledde försöken var frågan, huruvida den tillbakahållna tillväxten var en ljus- eller rotkonkurrensfråga. Resultatet av försöken har givit vid handen, att ljusstillförseln här torde vara utslagsgivande. På Åheden ha några parceller utlagts, där ljusförhållandena voro mycket goda. Där erhöles reaktion efter 2 år.»

På en fråga om man icke kunde vänta tydligare utslag på sämre mark svarade professor HESSELMAN till sist enligt BJÖRK följande, som verkar väl hopdraget till men för klarheten.

»Där optimala förhållanden råda, kan utslag ej komma. Det är ljusbehovet här som förhindrar reaktion. År 1914 gjorde jag ett försök rörande rotkonkurrens vid Fagerhedens kronojägareboställe (Piteå revir) på synnerligen torr mark, varvid intet som helst utslag erhöles på många år. Som sagt tyder allt på att tillbakahållandet av ungsbogen här är en ljusfråga. Att det dock icke enbart är en ljusfråga framgår av att man vid markbearbetning likväl får någon reaktion.»

Vad professor HESSELMAN sade år 1937 vid kongressbesöket på Svartbergsheden var aldrig ämnat att bli något slutomdöme i ett tryckt arbete, och några år senare såg försöksutslaget rätt annorlunda ut i hans egna ögon. Hade han själv kommit att skriva om sina rotskurna ytor, hade han måst rätta till sin tolkning efter vad han såg och tog reda på 1938—42, och han skulle ha närmare dryftat frågorna med hjälp av äldre och nyare kunskap vunnen av andra. Bäggedera måste nu göras av en annan hand, och först måste hela uppläggnings granskas.

Tankegången bakom försöken var samma som har legat bakom en rad likadana gjorda på olika håll i världen sedan början av 1880-talet (BORGGREVE 1885, s. 92; KÖNIG 1888). Man har velat veta vad trädplantor hämmas av när de icke växa ut i äldre trädskugga. Det såg ut att kunna vara antingen ljusbrist eller konkurrens från de äldre trädens sida om markens vatten och växtnäring (»närsaltlösning», BORGGREVE 1885). För att få veta vilketdera som var avgörande ville man ta bort rotkonkurrensen utan att ändra någon-

ting annat, och det trodde man sig kunna göra genom att skära av rötterna runt små ytor i skogen. Vad som hände där har man brukat bry sig om icke för sakens egen skull utan för att därav sluta baklänges om återväxtens villkor under samma bestånd utanför de rotskurna ytor.

För att kunna lita på en sådan tankegång måste man först och främst vara viss om att kunna räkna med ett klart antingen-eller (ljusbrist eller rotkonkurrens). Det får icke vara något varken-eller och lika litet något både-och. Men man är icke säker för någondera. När det icke blev utslag på den rotskurna ytan i en stor tallhedslucka vid Fagerheden (HESSELMANS 1917 *b*), så är det intet bevis för att solskenet borde vara starkare för att plantorna skulle kunna växa till träd i de stora tallhedsluckorna. Blir det utslag på en skuggad rotskuren yta, så är det lika litet något bevis mot att plantorna där ledo av ljusbrist. Vad som bestämmer deras växt och framtid är ofta om icke alltid ljus och markväta och näring på en gång. FABRICIUS (1929) litade icke på indirekt bevisning om ljuset, utan drog upp plantor i fullt ljus utanför beståndet för att ha till jämförelse med plantorna under bestånd på och utanför rotskurna ytor. Utslaget visade klart hur noga man får akta sig för att enbart av plantornas växt och frodighet på och kring rotskurna ytor dra några slutsatser om plantors ljusbehov och döma om ifall ljuset räcker eller icke.

Där plantorna icke se bättre ut på en rotskuren yta än runt omkring ytan, kan det vara minst tre olika skäl till det: där var ingen rotkonkurrens att tala om; det är för mörkt; eller utslaget faller icke nog i ögonen fastän det finns där. Skall man här kunna dra någon slutsats alls, bör det finnas andra hållpunkter, t. ex. andra tecken på markreaktion.

Finner man vackert utslag efter rotskärning, vare sig det nu syns eller icke syns också på trädplantorna, så tyder det på att där förut var rotkonkurrens. Men den rotskurna ytan kan icke visa hur plantorna skulle ha vuxit och trivts på den gamla ståndorten utan någon rotkonkurrens från träden men med allt annat lika, bl. a. också näringsflödet. Den visar snarare hur plantorna skulle trivas på ett kalhygge utan det fulla ljuset. Här möter ett nytt fel i den gamla tankegången bakom rotskärningsförsöken. Den räknade icke med rotskärningens gödslande följdverkningar.

HESSELMAN tänkte på en sådan följdverkan. Det är att växtrester börja multna fortare när trädrötternas sugning faller bort och myllmänen mindre ofta torkar ut för mycket. På rotskurna ytor i Orsa finnmark (ROMELL 1938 *a* och *b*) har det sedan visat sig att det kan gå till så också i ett regnigt och sommarsvalt klimat likt västra Jämtlands. Den gamla grannmären har på få år smultit ned till en smetig massa. HESSELMANS uppslag är bärande icke endast där sommaren är varm och torr, såsom han själv menade.

Förutom den indirekta gödslingsverkan genom att rester multna hastigare,



så att det blir ett extra uttag av näring ur markens förråd, måste man på rotskurna ytor räkna med en direkt gödsling. FABRICIUS (1929, s. 481) var kanske den förste att dryfta den frågan, men tänkte liksom senare WRETLIND (1934 *a*, s. 269) enbart på grövre rötter och kunde därför icke tro på någon verkan under de första åren. ROMELL (1935, 1938 *a* och *b*) räknar med att en hel del ungt och saftigt dödas när rötter skäras av, i första hand mykorrhizor, troligen också deras svampar, och att det verkar som en gröngödsling. Om mängderna har man ännu ingen aning, men rotlängden kan vara imponerande också i tallskog (CHEYNEY 1929).

Vad nu orsaken må vara, så har rotskärning i skog på skilda håll påtagligt verkat som en gödsling (FABRICIUS 1927 och 1929, TOUMEY 1929, TOUMEY & KIENHOLZ 1931, ROMELL 1938 *a* och *b*), och på rotskurna ytor i granskog har det från början mycket starka utslaget setts minska efter några år, i Orsa finnmark likaväl som i södra Tyskland (FABRICIUS 1927, s. 343—344).

Det är alltså fel att ställa frågan i formen antingen-eller, såsom man ofta har gjort och HESSELMAN ännu 1937 lutade åt att göra, och man får vara varsam med att sluta baklänges från vad som händer på rotskurna ytor till växternas villkor utanför ytorna. Det är svårt att dra någon slutsats alls när plantorna själva visa liten ändring på ytorna och det finns föga annat att hålla sig till. Men just så var den helhetsbild HESSELMAN sökte tolka 1937.

Bilden var på samma gång rätt olik allt vad man annars har sett på rotskurna ytor, där det alls har blivit någon verkan. I stället för att genast komma med full styrka hade utslag märkts först efter flera år men sett ut att öka. Utslaget syntes särskilt starkt längs rotskärningsdikena och märktes delvis också på deras utsida. I andra försök har utslag kommit lika starkt inne på ytorna som i deras kanter, men icke på utsidan om dikena. Det finns särskilt omtalat hos FABRICIUS (1927, 1929) och visas av bilder och kartor hos TOUMEY & KIENHOLZ (1931). Också på rotskurna ytor i Orsa finnmark har markreaktionen hela tiden varit och är ännu lika slående inne på ytorna som längs kanterna. Gränsen mellan frodigt och magert ligger ute i själva rotskärningsdiket, där t. ex. små granplantor stå tynande utanför isoleringsplåten men frodvuxna innanför i samma morängrus.

Den ovanliga reaktionsbilden på Svartbergsheden tolkade HESSELMAN år 1937 så att det lilla utslag det blev kunde komma först efter en »markomvandling», som främjas när marken rörs om. Mot den tolkningen behöver det icke svära, att ytorna år 1941 togo sig mycket bättre ut än förut och att utslaget i sin helhet nu kallades utomordentligt vackert. »Markomvandlingen» kunde ju ta lång tid. Men också de yngsta, då nioåriga ytorna sågo år 1941 bra ut, fastän år 1934 utslaget på tioåriga ytor hade bokförts som ganska svagt. Icke heller tyda siffrorna i tabell 18 på att rotskärningens verkan skulle ha börjat först efter något tiotal år eller att den skulle ha blivit större

med tiden. Och den har synts genast på en rotskuren yta på Åheden (BJÖRKMAN 1945, försök 4), där det blev klart utslag, såsom TOUMEY hade spått att det skulle bli i slutet bestånd (TOUMEY & KIENHOLZ 1931, s. 27).

Det finns tecken till att myllmånen har ändrats på de rotskurna ytor. En annan sak är när det började och i vilken mån rotskärningens verkan har hängt på det. Myllan visade högre halter av löslig kalk på ytor rotskurna 12 år förut (tabell 15). Det kan bero på att den har multnat ihop. Men det kan också vara en andrahandsverkan vållad t. ex. av rikare och bättre förnafall från det allt frodigare ungtallbeståndet på ytor. Marktäcket tycks ha blivit något mossrikare på ytor och risen något frodigare. Det kan vara ett enkelt utslag av att ståndorten med en gång ändrades, då rötterna skuros av, och sedan har hållit sig något mindre torr, såsom det måste ha varit och såg ut en gång i juli, fastän det icke gick att visa med siffror. I tabellerna 19 och 20 skymtar en högre näringsnivå på 14—18 år gamla rotskurna ytor, men ingen vet om den var högre än den som gjorde barren grönare 12 år förut på de äldsta ytor, som hade rotskurits sex år tidigare, men knappa två år hade hållits isolerade genom årlig rotskärning.

HESSELMAN tog 1937 pH-talen till bevis för att marken hade ändrats och blivit mindre sur. Troligen fäste han sig mest vid de höga talen för hackade ytor. Men just de visa ingenting. Samma skillnad som mellan dem och siffrorna från heden runt omkring kan man få fram, utan att behöva vänta på någon »markomvandling», genom att blanda tallhedsmyllan med dess fyrdubbla rymd av mosanden strax inunder (så som det blev gjort när marken hackades). Prov tagna på Svartbergsheden juni 1945 av skogsmästare O. HENRIKSSON gävo oblandade och i två olika blandningar följande pH, som man bör jämföra med dem i tabell 13.

Oblandad tallhedsmylla	Mylla och mosand		Oblandad mosand
	1 : 1	1 : 4	
4.0	4.3	4.5	4.6

Mest byggde HESSELMANS tolkning år 1937 på att utslaget syntes starkare på hackade delar av rotskurna ytor, mellan skårorna och delvis längs kanterna av de gamla rotskärningsdikena, både utanför och innanför. Det tolkades alltsammans som en verkan av markbearbetning och därav följande »bättre marktillstånd» eller »markomvandling». Men enbart hackning hade ingen verkan. Det var redan 1937 nog för att visa HESSELMAN att rotskärning ändå måste betyda något, och i sina sista anteckningar sysslade han särskilt eller enbart med de hackade ytor C och G, den ena rotskuren, den andra icke. Skillnaden dem emellan svor kanske mer än något annat mot hans gamla tolkning. Reaktionsbilden har sedan 1937 fyllts ut med några nya drag och ter sig nu på följande sätt.

Enligt tabell 18 har hackning på rotskurna ytor gjort plantornas villkor ännu bättre men icke bättrat dem alls på den icke rotskurna ytan G, som tvärtom har sett torftig ut och där ännu efter 11 år icke ens någon ljung hade måktat komma igen. Lika liten verkan gjorde hackning under bestånd på Åheden (kapitel 3). Samma skillnad som där mellan hygge och bestånd eller nyss mellan rotskurna hackade ytor och ytan G har visat sig kanske än klarare i bältena kring ytorna 1—4 på Svartbergsheden, där den uppgrävda eller renskrapade mosänden låg naken 1928, sedan diken hade fyllts igen. Mellan skårorna i de bältena kommo med tiden mer plantor och nya växter än på hackade delar av själva de rotskurna ytorna, se tabell 12. Men utanför yttersta skåran har bältet legat nästan naket (se fig. 19) och gör så än. Däremot ha tecken synt till markreaktion mellan skårorna också kring de yngre ytorna, där ingenting har grävts, hackats eller skrapats. Mest har det icke varit mycket, endast litet björnmossor och vackra nya tallplantor, men det är mer än på själva de rotskurna ytorna.

Den delvis tydliga markreaktionen efter hackning på rotskurna ytor (styrkt särskilt av siffror i tabell 18) är lätt att förstå och förklara, bl. a. och kanske mest som en följd av att ljungen hackades ihjäl. Vad det kan väntas göra för verkan kan ses på rätt många håll i landet, där ljung har dödats med klorat. Numera tycks skillnaden mellan hackat och ohackat på ytorna hålla på att jämnas ut. Under tiden har ljungen kommit igen. Om här är något samband går icke att avgöra utan nya försök i vriga tecken till markreaktion efter hackning (innanför skårorna) och särskilt i fylljorden i de gamla diken (mellan skårorna) äro osäkrare, då de till stor del kunna bero på att fröplantor slå till och rota sig så mycket lättare i öppen jord, såsom har visat sig på rotskurna ytor i Orsa finnmark. Där ha nästan inga fröplantor av något slag kommit annat än just i kanterna mot dikenas öppna jord eller i själva diken, fastän allting växer lika frodigt och mörkgrönt inne på ytorna.

Klart skild från hackningens och grävningens verkan ter sig numera den som följer skårorna åt. Ett uppslag till förklaring gavs vid kongressbesöket 1937 av RONGE. Man bör särskilt tänka på att färska tallrötter, invuxna från ömse håll, måste ha huggits av var gång en yta gicks runt igen med rotbilan, så att där årligen blev en gödsling liknande gröngödsling. Därtill hölls markremsan mellan skårorna fri från rötter i högre grad än marken innanför innersta skåran. Det gjorde kanske icke så stor skillnad först i början, då plantuppslaget år 1924 enligt en anteckning av KARL LUNDBLAD och CARL MALMSTRÖM på en yta strax intill på Svartbergsheden var endast 3—4 dm högt, men efterhand som ungtallbeståndet på ytorna växte till, måste skillnaden ha blivit allt större. Härmed torde en fullgod förklaring vara given till den starkare reaktionen mellan skårorna och därmed också till den kantverkan några av diagrammen synas vittna om (fig. 12—13) och BJÖRKMAN

fann tecken till också under jorden. En högre näringsnivå mellan skårorna har på olika sätt kunnat komma tallplantor på andra sidan skårorna till godo, då där icke har funnits någon isoleringsplåt el. dyl. emellan.

Utslaget på de rotskurna ytorna på Svartbergsheden, som år 1929 icke märktes alls (MOORE 1929, s. 877, och 1930, s. 232) eller allra högst kunde anas (TOUMEY & KIENHOLZ 1931, s. 27), vittnar numera i sin helhet om en påtaglig verkan av rotskärningen, och det stöds av minst lika klara utslag på Åheden, på sistone också av BJÖRKMANS försök 4. En annan sak är vad utslaget i alla rotskärningsförsöken kan visa om rotkonkurrensen under bestånd i tallheden utanför ytorna. Fråga är om icke sterilzonerna längs beståndskanter (HALDEN 1926; TAMM, se kap. 3; ERNST ANDERSSON 1945) ge klarare och säkrare besked om den saken.

Tecknen på markreaktion efter rotskärning äro på samma gång rätt svaga, långt svagare än i många andra försök av samma slag och kanske de flesta sådana. Något annat var aldrig att vänta, eftersom det icke blir annat efter kallhugning, icke ens om hygget hackas (kapitel 3). Men man kan finna det underligt att det icke blir fler eller klarare tecken på en högre näringsnivå ens på hackat hygge, när tallhedsmyllan i odlingsförsök har kunnat visa sig så starkt gödslande (tabell 9). Det ligger närmast till hands att söka orsaken i den starka sommartorkan i markens ytliga skikt, som HESSELMAN (1917, s. 1264) såg som en viktig faktor i tallhedens biologi, och det är svårt att förstå vilken annan stark hämning skulle kunna vara kvar på hackade ytor där ingen ljung finns och inga levande tallrötter, men borta i odlingsförsöken med tallhedsmylla. För att sätta så mycket liv som möjligt i tallhed skulle det i så fall vara bra att plöja ner myllan ganska djupt. Verkligen fann HESSELMAN (1917 b, s. 1243) starkt nitrathaltig mjölke (*Chamaenerium*) som ogräs på ännu ogödslad åker upplöjd året förut på vanlig tallhed. Det var enligt hans anteckningsbok ganska frodiga plantor, nästan alla starkt nitrathaltiga, och det var gott om dem. På sina ytligt hackade hyggesytor på Åheden kunde han däremot med möda hitta växten på ett enda ställe (kapitel 3), och man kan vara viss om att han letade länge och noga efter den.

Till sist bör väl ljusfrågan något dryftas, om också utslaget på de rotskurna ytorna icke ensamt kan säga något i den saken, såsom meningen var från början. Frågan är vad den måttliga skuggningen på tallheden kan ha för del i att talluppslaget icke oftare än vad det gör orkar växa ut till ungträd och större tallar. Vad man bör fråga efter är då verkan av en medelskuggning ned till hälften eller tredjedelen av fullt ljus (jfr tabell 11), när ljuset växlar såsom det gör på heden. I första approximationen kan man räkna med en växling mellan fullt ljus och 15 % av fullt ljus (se fig. 11).

Till en början kan man se efter hur en sådan skuggning kan väntas sätta

ned barrens kolsyreassimilation, som ju är en grundval för produktion och tillväxt. Enligt kurvor dragna av STÅLFELT (1924, fig. 7—8) assimilera tallskott vid 15 % ljus 22—28 % av vad de göra vid Skånes fulla sommarljus (skott med ettårsbarr 22 %, med tvåårsbarr 28 %). Därur kan man räkna ut assimilationsvärden för tallkvistar vid ett växelljus likt tallhedens med given medelstyrka. Man får t. ex. följande värden, i procent av assimilationen vid fullt ljus.

Växelljusets medelstyrka	Assimilation hos tallskott med	
	1-årsbarr	2-årsbarr
30 %	36 %	41 %
40 %	45 %	49 %
50 %	54 %	58 %

Samma ljusberoende som för assimilationen hos ett skott kan man icke vänta för produktion eller tillväxt annat än på sin höjd hos ensamt växande småplantor lika enkelt byggda som ett skott. De längre komna, som ha fått vad BOYSEN JENSEN kallar ett assimilationssystem, kräva mera ljus, såsom skogsmän av gammalt ha vetat. Ljusbehovet växer sedan alltjämt efterhand som barr och skott alltmer komma att skugga varandra och efterhand som avbränningarna öka (STÅLFELT 1924, s. 210—212; BOYSEN JENSEN 1932, s. 46 och 54—69). Till en början kommer produktionen att bli allt närmare proportionell mot växelljusets medelstyrka, så att man på tallheden får räkna med minskningar ned till omkring tredjedelen, jämfört med fullt ljus. Men ljusbehovet kan gott tänkas bli än större, särskilt hos föryngringsgrupper (jfr BOYSEN JENSEN 1932, fig. 29—30), och rentav så stort att produktionen går ned till noll eller nära noll redan vid måttlig skuggning. Man kan icke av en assimilationskurvas form eller ett samband mellan ljusstyrka och tillväxt hos små tallplantor i ett odlingsförsök sluta någonting om t. ex. en pirig ungtallgrupps ljusbehov på en tallhed (jfr BOYSEN JENSEN 1932, s. 67—69).

Skogsmän ha av gammalt räknat tallen bland de mest ljuskrävande träden, och saken har prövats genom att dra upp plantor under spjältak, i spjälburar eller skuggade på annat liknande sätt. Bland de mera talande är ett försök av BADOUX (1898). Han skolade ut 2-årsplantor av tall i förband  $15 \times 20$  cm (sedan blev det glesare, då en del gingo ut) och lät dem växa 5 år, en del i glesare och tätare spjälburar. De 7-åriga tallarna mättes. Efter måtten kan på de fullt belysta plantsängarna medelstammen skattas till drygt  $0,2 \text{ dm}^3$  och skörden av stamved till  $3 \text{ m}^3$  per dekar, och i procent härav blev det under de olika burarna i runda tal som följer.

Gluggar i buren, %	33,3	50	75
Massa per stam, %	4	20	40
Skörd av stamved, %	3	7	20

Mest ha skuggningsförsöken gjorts med fröplantor och skördats efter högst två år. Av dem kan man framför allt lära, att tillväxten icke är det enda viktiga och att man allra minst får rätta sig enbart efter höjdtillväxten. Om ingenting annat fattas än ljus bli fröplantor av tall till en början längre ju starkare skuggan är och allra längst i mörker (WIESNER 1893). De rädda som potatisålar och växa sig ihjäl. I skuggningsförsök på frösängar av ryssen NIKOLSKY omkring 1880 (SCHWARZ 1892, ZON & GRAVES 1911) och på 90-talet av CIESLAR (1909) blev det i skuggan långa årsplantor av tall, längre än i fullt ljus, men gängliga och dåligt rotade. NIKOLSKYS skuggplantor vägde torra en femtedel av vad de oskuggade vägde, och deras rotlängd låg mellan sjundedelen och åttondelen av de oskuggades. CIESLARS längsta tallplantor dogo alla på andra året under sitt spjältak, som hade 25 % gluggar. De näst längsta skördades under ett tak med tredjedelen gluggar (33,3 %) och vägde friska tiondelen av vad de oskuggade vägde. Men så länge de leva, ge skugg-rännande tallplantor lätt ett falskt intryck av frodighet, som G. A. PEARSON (1929) har varnat skogsmän för. SHIRLEY (1929) har mer allmänt varnat för att rätta sig efter höjd eller frodigt utseende eller ens friskvikt, eftersom plantorna bli vattnigare vid svagt ljus. Torrviktsprocenten hos fröplantor av vanlig tall ökade i ett försök av GAST (1937, fig. 6) fyrdubbelt mellan 4 % och 50 % ljus. SHIRLEYS försök visade t. ex. följande för årsplantor av en amerikansk tall (*Tæda*).

Procent av fullt ljus.....	20	100
Planthöjd, cm.....	18	14
Torrvikt per planta, dg.....	4	12
Därav roten, cg.....	4	35

Om skuggade plantor under ett bestånd växa snabbt i höjden är mindre viktigt än om de leva friskt och sunt och med tiden kunna växa ut till träd, och det kan vara helt skilda saker. De yppigaste plantskoleplantorna kunna vara de i bruket sämsta (ALDRICH-BLAKE 1930 och 1932; BJÖRKMAN 1944), skogsmän ha brukat misstro tall med särskilt frodig växt i ungdomen, och tecken ha setts till att bättre närda tallhedsplantor mer än andra råka ut för snöskytte och kanske andra skador (kapitel 2, sida 568). Plantornas framtid behöver icke bero på hur produktionsfaktorerna samverka numeriskt enligt minimilagen eller någon modernare närmeformel. Allt hänger i stället på om alla villkor i längden hålla sig sådana att det unga trädet aldrig råkar illa ut.

Det kan se hopplöst ut att få reda i en sådan sak genom att dryfta den helt allmänt, men det finns ett lovande uppslag, som kan samla en mängd kunskap under en enda synpunkt nog viktig att sticka över de flesta andra. Skogsmän ha länge vetat av ett samband mellan vätan i marken och trädens

förmåga att tåla skugga (HEYER 1852, s. 8—9 och 15—16), och i försök av BURNS (1920) tålde vattnade unga tallar (*Strobus*) långt mer skugga än ovattnade i skogen. Sambandet tolkades på ett nytt sätt av BATES (1925). Liksom åtskilliga andra från NIKOLSKY till BJÖRKMAN fann han hos fröplantor av barrträd särskilt rötterna dåliga vid svagt ljus. Det tog han som förklaring till att långt ovanför det verkliga ljusminimum (det man finner i ett fysiologiskt försök, där vatten aldrig fattas) »skuggade plantor duka under i den konkurrens om väta man har i skogen». Han såg ljuset som en begränsande faktor för återväxten i skogen, icke absolut, men därför att skuggning gör plantorna sämre rotade och känsligare för torka. På sitt håll kom senare GAST (1937) in på liknande tankar, då han i sina försök såg skuggplantornas små dåliga rötter.

BATES' sätt att vända frågan är självklart riktigt. Det kan fullföljas vidare. Man bör minnas att det icke beror enbart på ljuset hur rötterna bli. Växtnäringen och särskilt kvävenäringen gör också sitt till.

Rotbildningens dubbla samband med ljus och kvävenäring har sett invecklat ut, men ter sig på sistone enklare än någon har kunnat ana. Roten tycks få nöja sig med vad som blir över när krona och stam ha tagit sin del av assimilat för sin tillväxt. Det blir mer över vid bättre ljus, om allt annat är lika. Men allt mindre del blir över ju mer gott det är om kvävenäring (så länge ingenting annat fattas), ty till allt större del gå då assimilaten åt efterhand som de bildas, och de fastna som tillväxt innan de hinna ned i rötterna.

Kring sekelskiftet fann KLEBS ett sådant samband reglera växters blomning (JOST 1923, s. 178—180), och två polska växtfysiologer spårade det i rotbildningen, som den ene fann hämmad av kvävenäring och den andre kunde främja med socker. I en rad arbeten sökte sedan MARY E. REID (1926, 1929 *a—c*) på de mest olika vägar ändra kvoten kolhydrat/kväve i växten, och städse fann hon kvoten rot/skott skifta likadant. GAST (1937) ritade upp omvända rotkvoten hos unga tallplantor som funktion av ljus och kväve. Han tog den organiska födans mängd och fördelning på skott och rot som avgörande för de samband han fann och förklarade den dåliga rotbildningen hos skuggade plantor som en följd av skottets frodiga växt på samma sätt som GOEBEL på 90-talet hade förklarat utebliven blomning hos vattenväxter. GAST väntade också finna mykorrhizabildningen och mykorrhizas verksamhet reglerad av ljuset genom näringsströmmen ned till roten. BJÖRKMAN (1942) fann att det stämde, och med sin mykorrhizateori gav han GAST rätt och på samma gång ALDRICH-BLAKE (1930), som hade lutat åt att i kvoten kolhydrat/kväve sätta in all nödvändig växtnäring i stället för kvävet. Men ljuset samverkar annorlunda och enklare med kvävenäringen än med en del annan växtnäring, t. ex. fosforsyra, och det är skäl att i första hand hålla sig till den också därför att dess verkan oftast torde överväga i skogen. Kanske finns det rent fysiologiska skäl till att kvävenäringens verkan ter sig särskilt enkel och klar och delvis också till att den gärna överväger. När det är gott om kvävenäring brukar det bli nitrat, och nitrat tar själv med sig upp genom

växten en stor del av vad som mera behövs (basjoner) och tycks rent biokemiskt nästan tvinga fram tillväxt där det assimileras i ljus (BURSTRÖM 1934 och 1943 *a* och *b*).

Trädens svamprot kan göra det tekniskt svårt att mäta och redovisa rotkvoten, men ändrar ingenting i sak, då enligt BJÖRKMANS rön rotsvamparna ekologiskt äro vanliga rötter och svamproten en naturlig ymp av en sorts rot på den andra, såsom hade hävdats av ROMELL (1939 *a*, s. 165; 1939 *b*, s. 366).

Med BATES' och GASTS syn på saken blir rotkvotens dubbla samband med näring och ljus en sak av största vikt, som man måste ta hänsyn till bl. a. om man vill söka döma om plantors ljusbehov i skogen efter vad man kan se på rotskurna ytor, där en högre näringsnivå har kommit plantor att inrätta sig för en högre levnadsstandard och en säkrare tillvaro och där de med mindre risk ha kunnat göra så därför att marken torkas ut mindre hårt än utanför ytorna. En sådan frodig växt som hos plantor på rotskurna ytor är kanhända ingenting att sträva efter i skogen runt omkring, om man också skulle kunna till en tid få fram den genom att gödsla, hacka eller bränna, ty ljuset kan vara för svagt för att ge frodvuxna plantor en nog hög rotkvot och därmed rimlig trygghet för framtiden.

Starkare gödsling kan göra rotkvoten för liten t. o. m. i fullt ljus på mark som torkar ut ibland. Troligen var det en orsak till att tallplantorna efter hand gingo ut på de kvävevattnade ytorna vid Fagerheden (kapitel 2).

Samma uppslag ser ut att lova nytt ljus över sådana förut dunkla frågor som den underliga snabbdegenerationen hos frodiga tysktallar och vargar, den större dödlighet man stundom har märkt hos frodiga plantor efter utsättning i skogen (ALDRICH-BLAKE 1930, 1932; BJÖRKMAN 1944) och massdöden hos välnärda, starkt skuggade granplantor (LINDQUIST 1932). Det kunde bl. a. göra särskilda mykologiska hypoteser onödiga, och en rad motsägelser mellan HESSELMANS och LINDQUISTS rön (båda 1939) kunde tolkas som skenbara och vållade av att det icke slarvades med vattningen i skogsförsöksanstaltens växthus, men kanske i försöken på skogshögskolan och alldeles säkert ute i skogen.

BJÖRKMAN (1945) har sökt ta reda på tallplantors ljusbehov på Åheden. Mest talande bland hans siffror äro de från den helhackade ytan (638: IV+VI) på 1921 års kalhygge (jämför kapitel 3). Där gick i 50 % ljus skottlängden ned till hälften och tredjedelen av oskuggade plantors och minskade alltjämt vidare då försöket bröts efter åtta år. Vid skuggning ned till 25 % ljus dogo under 8 år 4 plantor av 6. Äldre plantor på kalhygge ha alltså visat sig påtagligt lida redan av måttlig skuggning, sådan man får räkna med också på tallhed. Under beståndet kan ljusbehovet gott vara större.

Ännu har tallhedsplantornas ljusbehov icke kunnat närmare bestämmas. Men så mycket synes vara klart som att HESSELMAN gjorde rätt i att icke glömma bort ljuset fastän tallhedens bestånd är glest och ser ut att ge rätt litet skugga. Troligen var det också med rätta han såg sidoljuset från luckorna som en av orsakerna till den skarpa gruppvuxna tallhedens uppkomst



(HESSELMAN 1910, s. 41). Då samtidigt rotverkan från tallgrupperna utan tvivel är en av orsakerna till heddegenerationen i luckorna, ser det ut som om grupper och luckor skulle betinga varandra ömsesidigt.

## Kap. 5. Sammanfattning av hittills vunna resultat rörande tallhedens natur och växtförhållanden.

Bland professor HENRIK HESSELMANS efterlämnade tallhedsanteckningar från åren 1922—42 finnes ingen allmän sammanfattning av hur han tänkte sig tallhedsproblemet. Endast om vissa detaljer har han uttalat sig i anteckningsböcker, verksamhetsberättelser etc. Som avslutning till denna redogörelse för de hesselmanska försöken torde det dock vara lämpligt att med några ord beröra, hur tallhedsproblemet nu synes ligga till.

Vid bedömandet av en tallheds natur och växtförhållanden är det betydelsefullt att söka hålla i sär vad som beror på: 1:o den *naturgivna ståndortsmiljön* (d. v. s. klimatet, geologien, hydrologien etc.) och 2:o de *aktuella (markbiologiska m. fl.) förhållandena*.

HESSELMANS här framlagda försök ha givit en del ny kunskap om tallheden som aktuellt tillstånd.

*Gödslingar* med ammoniumnitrat och ammoniumsulfat inom tallhedsluckor, där plantorna trots god belysning icke kommo någon vart, gävo till att börja med tydliga utslag i form av förbättrad växt på plantorna. Men plantorna kunde härigenom icke göras uthålligt växtliga. Detta tyder på att brist på kvävenäring föreligger, men också på att något annat jämte kvävebristen vållar plantornas dåliga växt. Nya försök tarvas för att få ökad klarhet om hur näringsfrågan ligger till.

*Markbearbetning* under bestånd (hackning) har i försöken icke visat någon tydlig gynnsam verkan. Däremot har en *kalhuggning* utan annat ingrepp här och på andra håll kunnat sätta liv i tallhedens ursprungligen oväxtliga plantor och få dem att växa ut till normala träd. I försöken har *rotisolering* visat sig verka stimulerande på plantväxten, vilket torde bero dels direkt på en ökad och jämnare tillgång på vatten, dels på minskad konkurrens om näring, dels på gödslingsverknings, bl. a. en gödsling underifrån med ovissnat och fördenskull kväverikt växtmaterial (liksom vid gröngödsling i lantbruket).

Verkan av rotisolering liksom av kalhuggning har visat sig särskilt stark, där marken också blivit hackad. Orsaken till detta kan även här vara minskad konkurrens om vatten och näring och en gröngödslingseffekt, ty när man hackar eller plöjer marken, avslitas en mängd svampmycel liksom rötter av ris och träd och komma efter förmultning den kvarvarande vegetationen till godo som extra näring, och konkurrensen minskar när ris m. m. dödas.

Huru stort den orörda tallhedens rörliga näringsförråd är och var det finnes lagrat är ännu oklart, och det torde vara klokt att i myllmånen tills vidare räkna enbart med förråden i multnande och färsk förna och i levande växt-delar och icke tro att de kolsvarta, starkt sura och omättade mylllämnena i en dålig tallheds tunna smuliga mår äro någon tillgång. På sedan gammalt trädlösa hedar eller hedfläckar skulle i så fall icke finnas något annat att lösgöra genom skogliga åtgärder än vad som är bundet i markvegetationen. Som denna vegetation är låg och gles, är troligen icke heller mycket att vinna genom att döda den.

Att de många små tallplantor man finner i de skarpa tallhedarnas luckor ha svårt att utvecklas torde, som WRETLIND i princip redan år 1924 (s. 191) gjorde troligt, sammanhånga med att tillgången på växtnäring efter hand blivit allt mindre i luckornas allt tunnare och surare mår genom en olycklig samverkan av rotkonkurrens och dåligt förnafall. Genom HESSELMANS, WRETLINDS m. fl:s undersökningar är det nästan till visshet klarlagt, att många tallhedars svärföryngrade luckor vållats av en sådan ogynnsam utveckling (heddegeneration eller hedbildning), som de naturgivna ståndorts-förhållandena icke nödvändigt hade behövt medföra. Det lär sålunda för ett 80-tal år sedan ha vuxit hög och vacker tallskog vid Fagerheden, där det nu är skarp och gruppvuxen tallhed (HESSELMAN 1910, s. 32). I södra Sverige och Danmark har man funnit likartade hedbildningstendenser på somliga marker (TAMM 1936, 1937, 1938 och BORNEBUSCH 1939).

Allt som bidrar att hålla luckor öppna länge kan medföra risk för hedbildning, men risken är större på magrare och torrare ståndorter. Bland det som vållar risker för mera stadigvarande luckors uppkomst får man icke glömma snöskytten, vilket ofta utgör ett stort hinder för återväxten.

Det ligger i sakens natur att det på känsliga ståndorter måste vara lättare att sätta i gång än att stoppa och vända om en sådan utveckling som hedbildningen. Vad man bör sträva efter säger sig självt: ett slutet bestånd av sådant slag att det kan hålla mark och myllbildning i skick (jfr HESSELMAN 1917 b, s. 1268 och 1937). En annan sak är hur man skall komma dit.

Ett särskilt viktigt mål att sträva efter vid tallhedsskötseln, i den mån man kan, är utan tvivel att göra beståndet mera djuprotat. Kanske har björken här en uppgift, där det kan gå att få in den, icke endast för att dess förna är rätt näringsrik (jfr MORK 1942), utan också för att den på något sätt, troligen markbiologiskt, tycks kunna göra marktäcket frodigare och humuslagret djupare och luckrare.

## Litteratur.

- AALTONEN, V. T. 1919. Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im finnischen Lappland. — *Communicationes ex Inst. quaest. forest. finl.* **1**. Helsinki.
- 1920 *a*. Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzeln in den Heidewäldern Lapplands. — *Acta forest. fenn.* **14**. Helsingfors.
- 1920 *b*. Wasserverbrauch der Bäume und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens. — *Acta forest. fenn.* **14**. Helsingfors.
- 1923. Über die räumliche Ordnung der Pflanzen auf dem Felde und im Walde. Eine botanisch-bodenwissenschaftliche Studie. — *Acta forest. fenn.* **25**. Helsingfors.
- ALBERT, R. 1905. Welche Erfahrungen liegen bis jetzt über den Einfluss künstlicher Düngung und Bodenbearbeitung im forstlichen Grossbetriebe vor? In welcher Weise und nach welcher Richtung hin sind Versuche hierüber fernerhin anzustellen? — *Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen.* **37**: 139—152. Berlin.
- ALDRICH-BLAKE, R. N. 1930. The plasticity of the root system of Corsican pine in early life. — *Oxford Forestry Memoirs.* **12**. Oxford.
- 1932. The influence of nutrition of the relative root and shoot development of forest-tree seedlings. — *Forestry.* **6**: 40—52. London.
- ANDERSSON, ERNST 1945. Om barrträdens rotverksamhet. — *Sv. skogsv. tidskr.* **43**: 291—315. Stockholm.
- BADOUX, H. 1898. Lichtversuche mit Deckgittern. — *Mitt. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswesen.* **6**: 29—36. Zürich.
- BATES, C. G. 1925. The relative light requirements of some coniferous seedlings. — *Journ. of Forestry.* **23**: 869—879. Washington.
- BJÖRK, P. 1937. Skogskongressens Norrlands-exkursion. — *Skogen.* **24**: 311—314. Stockholm.
- BJÖRKMAN, E. 1942. Über die Bedingungen der Mykorrhizabildung bei Kiefer und Fichte. — *Symbolae bot. Ups.* **6**: 2. Uppsala.
- 1944. Om skogsplanterings markbiologiska förutsättningar. — *Sv. skogsv. tidskr.* **42**: 333—355. Stockholm.
- 1945. Studier över ljusets betydelse för föryngringens höjdtillväxt på norrländska tallhedar. — *Medd. Stat. skogsforsöksanst.* **34**: 497—542. Stockholm.
- BLOMQVIST, A. G. 1881. Finlands trädslag i forstligt hänseende beskrifna. I. Tallen. — *Finska forstfören:s medd.* **3**. Helsingfors.
- BORGGREVE, B. 1885. Die Holzzucht. Berlin.
- BORNEBUSCH, C. H. 1939. Hedede-generation og Regeneration af en for Skov tjenlig Humustilstand på de danske Lyngheder. — *Sv. skogsv. tidskr.* **37**: 316—326. Stockholm.
- BOYSEN JENSEN, P. 1932. Die Stoffproduktion der Pflanzen. Jena.
- BURNS, G. P. 1920. Tolerance of forest trees and its relation to forest succession. — *Journ. of Forestry.* **18**: 610—615. Washington.
- BURSTRÖM, H. 1934. Über antagonistische Erscheinungen bei der Kationenaufnahme des Hafers. Uppsala (Diss.).
- 1943 *a*. Photosynthesis and assimilation of nitrate by wheat leaves. — *Lantbrukshögskolans annaler.* **11**: 1—50. Uppsala.
- 1943 *b*. Studies on the products of the photosynthesis. — *Arkiv f. bot.* **30 B**: No 8. Stockholm.
- CHEYNEY, E. G. 1929. A study of the roots in a square yard of Jack pine forest. — *Journ. of Forestry.* **27**: 546—549. Washington.
- CIESLAR, A. 1909. Licht- und Schattholzarten. Lichtgenuss und Bodenfeuchtigkeit. — *Centralbl. f. d. ges. Forstwesen.* **35**: 4—22. Wien.
- COTTA, H. 1828. Anweisung zum Waldbau. 4. Aufl. Leipzig.
- EBERMAYER, E. 1873. Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. Aschaffenburg.
- FABRICIUS, L. 1927. Der Einfluss des Wurzelwettbewerbs des Schirmstandes auf die Entwicklung des Jungwuchses. — *Forstwissenschaftl. Centralbl.* **49**: 329—345. Berlin.

- FABRICIUS, L. 1929. Neue Versuche zur Feststellung des Einflusses von Wurzelwettbewerb und Lichtentzug des Schirmstandes auf den Jungwuchs. (Forstliche Versuche. 7.) — Forstwissenschaftl. Centralbl. **51**: 477—506. Berlin.
- FORSSTRÖM, E. 1889. Renskötseln inom sydligaste delen af finska renområdet. — Finska forstfören:s medd. **7**: 97—100. Helsingfors.
- FRICKE, (K.) 1904. »Licht- und Schattenholzarten», ein wissenschaftlich nicht begründetes Dogma. — Centralbl. f. d. ges. Forstwesen. **30**: 315—325. Wien.
- GAST, P. R. 1937. Studies on the development of conifers in raw humus. III. The growth of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings in pot cultures of different soils under varied radiation intensities. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **29**: 587—682. Stockholm.
- GROTH, E. F. 1888. Om den skada renarne göra å återväxten i Norrbottens skogar. — Tidskr. f. skogshushållning. **16**: 55—57. Stockholm.
- HALDEN, B. E. 1926. Studier över skogsbeståndens inverkan på markfuktighetens fördelning hos skilda jordarter. — Skogsv. tidskr. **24**: 125—243. Stockholm.
- HESSELMAN, H. 1906. Diskussionsinlägg [till föredrag av U. Wallmo. Om föryngringen vid blådningshuggningar]. — Skogsv. tidskr. **4**: 397. Stockholm.
- 1909. Redogörelse öfver Skogsförsöksanstaltens verksamhet. III. Berättelse öfver den botaniska afdelningens verksamhet åren 1906—1908 jämte förslag till program. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **6**: 27—52. Stockholm.
- 1910. Studier öfver de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **7**: 25—68. Stockholm.
- 1912. Redogörelse för Skogsförsöksanstaltens verksamhet. III. Berättelse öfver den botaniska afdelningens verksamhet under treårsperioden 1909—1911 jämte förslag till program. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **9**: 33—344. Stockholm.
- 1917 a. Om våra skogsföryngringsåtgärders inverkan på salpeterbildningen i marken och dess betydelse för barrskogens föryngring. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **13—14**: 1—104. Stockholm.
- 1917 b. Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor. II. Medd. Stat. skogsförsöksanst. **13—14**: 1221—1286. Stockholm.
- 1926. Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende av skogsvården. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **22** (1925): 169—552. Stockholm.
- 1927. Studier över barrträdsplantans utveckling i råhumus. I. Betydelsen av kvävemobiliseringen i råhumustäcket för tall- och granplantans första utveckling. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **30**: 337—432. Stockholm.
- 1934. Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt under femårsperioden 1927—1931. III. Naturvetenskapliga avdelningen. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **27**: 320—332. Stockholm.
- 1937. Om humustäckets beroende av beståndets ålder och sammansättning i den nordiska granskogen av blåbärsrik *Vaccinium*-typ och dess inverkan på skogens föryngring. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **30**: 529—716. Stockholm.
- 1939 a. Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt o. s. v. III. Naturvetenskapliga avdelningen. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **31**: 120—132. Stockholm.
- 1939 b. Granens föryngringssvårigheter på örtrik mark och dess orsaker. — Bot. notiser. 1939: 413—422. Lund.
- HEYER, G. 1852. Das Verhalten der Waldbäume gegen Licht und Schatten. Erlangen.
- HOLMERZ, C. G. & ÖRTENBLAD, TH. 1886. Om Norrbottens skogar. — Bihang t. Domänstyrelsens und. berättelse rör. skogsväsendet år 1885. Stockholm.
- HOLMGREN, A. 1911. Skogssådd med tallfrö i Norrland. — Årsskr. fr. Fören. f. skogsv. i Norrland. 1911: 5—54. Stockholm.
- JOST, L. 1923. Formwechsel und Ortwechsel. — W. BENECKE & L. JOST, Pflanzenphysiologie. [= 4. Aufl. von Jost, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie.] Jena.
- KÖNIG, A. 1888. Mittheilungen von den Mündener Versuchsflächen. Neue Versuche über das Wachstum unserer Waldbäume bei ausgeschlossener direkter Bestrahlung durch die Sonne. — Forstl. Blätter. (3:e Folge. 12.) **25**: 358—362. Berlin.
- LAGERBERG, T. 1912. Studier öfver den norrländska tallens sjukdomar, särskilt med hänsyn till dess föryngring. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **9**: 135—170. Stockholm.
- LINDQUIST, B. 1932. Den sydsandinaviska kulturgranskogens reproduktionsförhållanden. — Sv. skogsv. tidskr. **30**: 7—38. Stockholm.

- LINDQUIST, B. 1939. I anledning av H. Hesselman: Granens föryngringssvårigheter på örtrik mark och dess orsaker. — Bot. notiser. 1939: 839—842. Lund
- LUNDSTRÖM, A. 1895. Om våra skogar och skogsfrågorna. — Fören. Heimdals folkskrifter, N:o 24. Stockholm.
- MOORE, B. 1929. International congress of forest experiment stations in Sweden. — Journ. of Forestry. **27**: 875—878. Washington.
- 1930. Forests and soil moisture. — Ecology. **11**: 229—232. Lancaster & Brooklyn.
- MORK, E. 1942. Om ströfallet i våre skoger. — Medd. Norske skogforsøksvesen. N:o **29** (Bd 8: H. 3): 297—365. Oslo.
- MÜLLER, P. E. & WEIS, FR. 1906. Studier over Skov- og Hedejord. I. — Det forstl. Forsøgsvaesen. Medd. **1**: 235—320. København.
- MÖLLER, A. 1902. Ueber die Wurzelbildung der ein- und zweijährigen Kiefer im märkischen Sandboden. — Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. **34**: 197—215. Berlin.
- 1903. Untersuchungen über ein- und zweijährige Kiefern im märkischen Sandboden. — Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. **35**: 257—272, 321—338. Berlin.
- NILSSON, ALB. & NORLING, K. G. G. 1895. Skogsundersökningar i Norrland och Dalarna. — Bihang t. Domänstyrelsens und. berättelse rör. skogsväsendet år 1894. Stockholm.
- OLSEN, CARSTEN 1939. The employment for water culture experiments of distilled water containing traces of copper. — Compt. rend. des travaux du Lab. Carlsberg. Sér. chimique. **23**: N:o 5: 37—44. København.
- PEARSON, G. A. 1929. The other side of the light question. — Journ. of Forestry. **27**: 807—812. Washington.
- RAMANN, E. 1893. Forstliche Bodenkunde und Standortslehre. Berlin.
- 1905. Bodenkunde. 2. Aufl. Berlin.
- REID, MARY E. 1926. Growth of tomato cuttings in relation to stored carbohydrate and nitrogenous compounds. — Amer. Journ. of Botany. **13**: 548—574. Lancaster.
- 1929 a. Growth of seedlings in light and in darkness in relation to available nitrogen and carbon. — Bot. Gaz. **87**: 81—118. Chicago.
- 1929 b. Relation of composition of seed and the effects of light to growth of seedlings. — Amer. Journ. of Botany. **16**: 747—769. Lancaster.
- 1929 c. Effect of variations in the amounts of available carbon and nitrogen on the growth of wheat seedlings. — Amer. Journ. of Botany. **16**: 770—779. Lancaster.
- ROMELL, L.-G. 1934. En biologisk teori för mårbildning och måraktivering. Stockholm.
- 1935. Ecological problems of the humus layer in the forest. — Cornell Univ. Agric. Exp. Stat. Memoir **170**. Ithaca.
- 1938 a. Markreaktionen efter gallringar och dess orsaker. — Norrl. skogsv. tidskr. 1938: 1—8. Stockholm.
- 1938 b. A trenching experiment in spruce forest and its bearing on problems of mycotrophy. — Sv. bot. tidskr. **32**: 89—99. Uppsala.
- 1939 a. The ecological problem of mycotrophy. — Ecology. **20**: 163—167. Lancaster & Brooklyn.
- 1939 b. Barrskogens marksvampar och deras roll i skogens liv. — Sv. skogsv. tidskr. **37**: 348—375. Stockholm.
- SCHARD, A., 1929. Med utländska skogsmän på vikingatåg. [II.] — Skogen. **16**: 571—576. Stockholm.
- SCHWARZ, F. 1892. Über den Einfluss des Wasser- und Nährstoffgehaltes des Sandbodens auf die Wurzelentwicklung von Pinus silvestris im ersten Jahre. — Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. **24**: 88—98. Berlin.
- SHIRLEY, H. L. 1929. The influence of light intensity and light quality upon the growth of plants. — Amer. Journ. of Botany. **16**: 354—390. Lancaster.
- STÄLFELT, M. G. 1924. Tallens och granens kolsyreassimilation och dess ekologiska betingelser. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **21**: 181—258. Stockholm.
- TAMM, O. 1920. Markstudier i det nordsvenska barrskogsområdet. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **17**: 49—276. Stockholm.
- 1931. Studier över jordmånstyper och deras förhållande till markens hydrologi i nordsvenska skogsterränger. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **26**: 163—355. Stockholm.
- 1936. Om ett försök med björkföryngring i markförbättrande syfte på svag sandmark i södra Sverige. — Sv. skogsv. tidskr. **34**: 241—266. Stockholm.
- 1937. Om de lågproduktiva sandmarkerna å Hökensås och i övre Lagadalen. — Medd. Stat. skogsförsöksanst. **30**: 1—59. Stockholm.
- 1938. Om humustillståndets betydelse för skogen å en sydsvensk tallmo. — Skogen. **25**: 385—388, 403—406. Stockholm.

- TAMM, O. 1939. Om danska hedar och svenska. — Skogen. **26**: 363—366. Stockholm.  
 — 1940. Den nordsvenska skogsmarken. Stockholm.  
 TOUMBEY, J. W. 1929. The vegetation of the forest floor: light versus soil moisture. — Proc. Intern. Congr. Plant Sciences (Ithaca 1926). **1**: 575—590.  
 — & KIENHOLZ, R. 1931. Trenched plots under forest canopies. — Yale Univ. School of Forestry. Bull. **30**. New Haven.  
 WEIS, FR. 1908. Om Salpetersyrems Forekomst og Dannelse i Muld og Mor. Del II av P. E. MÜLLERS og FR. WEIS' Studier over Skov- og Hedejord. — Det forstl. Forsøgsvaesen i Danmark. **2**: 257—296. København.  
 WIESNER, J. 1893. Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete. — Sitz. ber. K. Akad. d. Wiss. Math.-naturw. Cl. **102**: Abth. **1**: 291—350. Wien.  
 WRETTLIND, J. E. 1924. Diskussionsinlägg [till föredrag av H. Pettersson, Metoder för naturlig föryngring]. — Skogen. **11**: 188—194. Stockholm.  
 — 1931. Bidrag till belysande av de norrländska tallhedsproblemen. — Norrl. skogsv. tidskr. 1931: 263—314. Stockholm.  
 — 1932. Om hyggesbränningarna inom Malå revir. — Norrl. skogsv. tidskr. 1932: 243—331. Stockholm.  
 — 1934 a. Bidrag till belysande av föryngringsbetingelserna på övre Norrlands tallhedsmarker. — Norrl. skogsv. tidskr. 1934: 261—342. Stockholm.  
 — 1934 b. Naturbetingelserna för de nordsvenska järnpodsolerade moränmarkernas tallhedar och mossrika skogssamhällen. — Sv. skogsv. tidskr. **32**: 329—396. Stockholm.  
 ZON, R., & GRAVES, H. S. 1911. Light in relation to tree growth. — U. S. Dep. of Agric. Forest Service. Bull. **92**. Washington.  
 ÖRTENBLAD, TH. 1884. Om återväxten (årsväxten) i Norrbottens skogar. — Tidskr. f. skogshushållning. **12**: 162—177. Stockholm.  
 — 1893. Berättelse om skogsundersökningar i Norrbottens län år 1892. — Tidskr. f. skogshushålln. **21**: 106—117. Stockholm.  
 — 1902. Om föryngring af hedland i öfre Norrland. — Skogsvännen. 1902: 110—114. Stockholm.
-

# The Ecology of Lichen-Pine Forest.

Experiments (1922—1942) by the late Dr H. Hesselman.

## Abstract.

The data contained in the present paper were collected at the Forest Research Institute in the course of twenty years under the immediate direction of the Institute's late director, Professor HESSELMAN. He felt ready to prepare the material for publication and had in mind to do so himself, in 1943. This plan was frustrated by his illness and death the same year, and most of the data have been worked up and analyzed by one of the present writers.

A historical sketch (by MALMSTRÖM) has been included in an opening chapter in order to give a background to the studies reported on (by ROMELL) in Chapters 2 and 4. There is a concluding chapter briefly stating some general views.

## Chapter 1. Historical and introductory.

The pronounced lichen-pine forests have this in common, that openings persist although seedlings are plentiful in the carpet of lichens covering the ground. They may otherwise present an extremely varying picture. Young growth may fail to develop near trees and grow in any openings that are large enough, giving a picture like the one seen in Fig. 19, p. 599. Or young growth may do much better close to the scattered old trees than in the large openings left between them, as seen in photographs published by HESSELMAN (1910; Figs. 4—5, p. 38—39) and by WRETILIND (1931; Fig. 4, p. 277). The latter, *clustered* type of lichen-pine forest (the most extreme and striking type) was more common in earlier days than it is today. The early authors no doubt paid more attention to this than to other and commoner types, and so did HESSELMAN, particularly in his early work.

HESSELMAN started, in 1906, by scrutinizing various explanations that had been suggested to account for the failing of young growth in openings that persisted in lichen-pine forests. None of these explanations proved satisfactory. In particular, the mineral soil was not found to be any drier in openings than it was under clustered pines (HESSELMAN 1910). A new clue was sought in the scarcity of available nitrogen, the supply of which could be expected to differ according to variations in the development of the forest floor and the formation of humus. Following this line of thought, peat was tried as a fertilizer, with promising results, and hoeing the soil was tried as another possible practical means of securing reproduction (HESSELMAN 1917 b).

The general idea advanced in 1917 was put to test in work started in 1922 along two lines. Seedlings of pine were grown in a greenhouse with or without adding nitrogen to a soil made up using humus from a lichen-pine forest, either from one of its openings or from under clustered pines. In the same forest, small plots were laid out in an opening and fertilized with nitrogen. The results came out in part as expected. Humus from the opening yielded poor seedlings unless

nitrogen was added, and the fertilized pots throughout were the better ones (HESSELMAN 1927). The results obtained in the forest are reported in Chapter 2.

Lichen-pine forests of a less extreme type, not clustered, were first included in the studies in 1924, when plots were laid out for testing the effect of clear felling, of hoeing or ripping the soil, and of trenching, all of which had been tried before in lichen-pine forest of the clustered type with little or no improvement seen in the old persistent openings. One particular reason for testing the effect of trenching was the emphasis that AALTONEN had then recently laid on root competition as a factor in lichen-pine forests.

Some of the trenched plots were demonstrated, in 1929, to participants in an international congress (MOORE, 1929 and 1931; TOUMEY and KIENHOLZ, 1931). When they were similarly demonstrated again, in 1937, notes were taken by P. BJÖRK of HESSELMAN's explanations. These have been utilized in Chapter 4 of the present paper, where a full account is given of the trenching experiments. The other work started in 1924 is reported on in Chapter 3.

HESSELMAN's studies in the ecology of lichen-pine forest have been supplemented in this country mainly by LAGERBERG (pathology), TAMM, and WRETLIND (for references, see the list of literature). Both the last-named workers have much contributed towards shaping the present view, according to which the conditions prevailing in lichen-pine forests may very largely be the result of a degeneration of the soil. HESSELMAN, too, had taken this to be so, and as early in 1881 BLOMQUIST hinted at the same. Yet the process seems to have been first fully pictured in principle by WRETLIND (1924, p. 191).

Although not referring to lichen-pine forest, GAST's work in this country is quoted as having been of importance in the present connection. Reference is also made to ROMELL's trenched plots (in spruce forest) and to his interpretations.

## Chapter 2. Plots fertilized with nitrogen.

### 1. *Plan.*

The plots were laid out in an opening as shown by Fig. 1, p. 558. This opening is one of those having persisted for a long time in a lichen-pine forest of the clustered type near Fagerheden, at 65°20' lat. N. and 20°54' long. E. from Greenwich. HESSELMAN, who had done much work earlier in the same forest, has pictured it and described it, including the ground-cover and the soil (1910, p. 31—57). The soil is sand, mostly coarse.

The plots were watered once a week all the summer for 13 years, using each time 10 liters to a square meter either of distilled water or of a solution of a pure chemical. The chemical was either ammonium sulfate or ammonium nitrate. The amount added of one or the other was, in parts per million, either 400 or 80. This made two parallel series, each including three treatments counting also the watering with pure water. All treatments were given in duplicate, making 6 plots to a series, 12 in all. The four plots given nothing but water were to serve as controls.

With 400 p. p. m. of chemical added to the waterings, the weekly doses of nitrogen were 8.5 and 14 kg/ha, the average yearly doses 0.12 and 0.20 t/ha (metric tons to the hectare), or nearly 110 and 180 lbs./A. Where the addition of chemical was 80 p. p. m., the weekly doses of nitrogen were 1.7 and 2.8 kg/ha, the yearly averages 23 and 38 kg/ha (21 and 34 lbs./A.).

The total amounts of nitrogen given to the fertilized plots range between 0.30



and 2.58 t/ha (some 270 to 2300 lbs./A), as indicated on p. 558. They are high compared to the totals of nitrogen found in the humus layer of the same forest (p. 559; from HESSELMAN 1917 b, table 4, columns 4—5). These totals range from 0.10 t/ha in an opening to 0.27 t/ha under pines.

The plots were circular, 1 square meter in size, shielded by a ring of sheet-iron 1 ft. high driven down into the soil to most of its height. The water used had been distilled through a tinned copper spiral and was sprayed out through galvanized roseheads from galvanized cans. The waterings added 50 per cent to the mean precipitation of the summer, 25 per cent to that of the year, taking the figures of the nearest 15-year period.

## 2. Results.

Where the stronger solutions were used (the first series), the fertilized plots quickly showed a striking response (Figs. 2 and 3, p. 560—561) soon followed by disaster befalling seedlings of pine and spruce as well as lichens and heather. On half of the fertilized plots (one of either kind), the place of the old ground-cover was taken by thrifty haircap mosses (*Polytricha*). Later these, too, began to suffer and eventually died.

In plots watered with weaker solutions (the second series), the seedlings often were promising or even good. Yet they mostly disappeared, one crop after another. Heather and other dwarf-shrubs became luxuriant and remained so, as shown on p. 565 by measured heights of heather and of *Vaccinium vitis idaea*. Only in the two plots yearly given some 40 kg/ha of nitrogen did the heather begin to die towards the end of the experiment (from the 6th year on). Its place was taken, in one of the plots, by thrifty haircap moss.

Photographs were taken and the humus sampled in the second series one year after the last watering, see Fig. 4, p. 562—563, and the data on p. 565. One plot given nothing but distilled water was better stocked than any other, fertilized or not. This good plot was near a standing pine, as seen in Fig. 1, p. 558. The humus was here found to have much more soluble lime and to average slightly less acid than any humus sampled elsewhere on the site.

Lichens and some heather died in the watered plots of the second series even where no chemical had been added to the distilled water. One reason for this is suggested by the observation that hylocomium mosses are easily killed by the droppings from a galvanized fence wire.

## 3. Discussion.

In the first series, where salts were applied in very heavy doses, the results are not as telling as they might have been. There may have been an indirect fertilization by way of ion exchange, adding its effect to that of the fertilization with nitrogen. Later, the seedlings and other vegetation may have been directly poisoned by the increasing concentrations of salts. Less subject to such criticism is the second series. There is a valuable supplement: a practical forester has tested the effect of Chilean nitrate applied once in a moderate dose. The response (Table 1, p. 568) was quite the same as in HESSELMAN's two series.

The striking immediate response to nitrogen, seen in all three series, strongly indicates a shortage of available nitrogen in the soil. On the other hand, seedlings could not be made to survive any better by fertilization with nitrogen. Quite the

contrary, the fertilized seedlings have done less well than those not fertilized.

The poor survival of tree seedlings and partly of heather in the fertilized plots was explained by HESSELMAN as due to frost killing the luxuriant shoots. In the plots fertilized with Chilean nitrate, seedlings are said to have suffered particularly heavy attack from *Phacidium infestans*, a parasitic fungus common in lichen-pine forest. Quite apart from this suggestive observation, which may or may not have been correctly interpreted, it can be maintained that the very thriftiness of seedlings well supplied with nitrogen is likely to be fraught with danger when the site is exposed to dry spells. This point is to be further discussed in the following (Chapter 4).

Seedlings grown in humus from one of the persistent openings could not by fertilization with nitrogen be made to equal those similarly grown in humus from under pines (HESSELMAN 1927). Many years earlier, HOLMGREN (1911, p. 37—38) had grown pine seedlings comparatively in humus from an opening and from under pines in a lichen-pine forest. He was struck by an intensely red discoloration seen in the seedlings grown in humus from the opening, and in these alone. Both results distinctly suggest that nitrogen is not the only nutrient that is too scarce in the persistent openings.

Scarcity of available nitrogen is likely to be one among several nutritional and other factors making the persistent openings in lichen-pine forest unsuitable for supporting a healthy young growth of pine.

### Chapter 3. Clear felling, hoeing, and ripping the soil.

#### 1. Plan.

The work here reported on had the following background. In the lichen-pine forest at Fagerheden (of the clustered type; cf. Chapter 2), clear felling alone did not for some years visibly favour the pine seedlings, while these were distinctly improved in the cleared area where the soil had been hoed (HESSELMAN 1917 b, p. 1248—49 and 1266—67, CLIX—CLX and CLXVI). Yet only a few years later, young growth was shooting up just as good where no hoeing had followed the clearing. This is shown by notes and pictures from 1922.

Reverting to the question, in 1924, HESSELMAN chose to work this time in lichen-pine forest of a less extreme type, not clustered, at 64°9' lat. N. and 19°51' long. E. Two sets of plots were laid out as shown by the sketch map, Fig. 5, p. 570; one set in an area cleared in 1921, the other set in the adjoining stand. Each set had six plots, one-quarter of a hectare in size, treated as seen from the legend to Fig. 5: three plots hoed all over or in spots, two plots ripped at intervals with a forest plough (KOLMODIN's model), and one plot undisturbed. Not all of the plots were later followed, and most of the data collected refer to an eastern group of plots composed of those numbered II—VI in the cleared area and V—VI under the stand (see Fig. 5).

The pine stand was some 70 years old when the plots were laid out, in 1924. The soil is sand (Table 2, p. 571). The humus layer is a thin mor, where pH may be as low as 3.5 according to one stray determination, while two other samples, likewise taken from undisturbed ground under the stand, gave 4.1 and 4.3.

#### 2. Results.

Where the stand is left, nothing worth reporting has been seen to happen whether or not the soil has been hoed or ripped, nor can any effect from such treatment

be traced in the analytical data on samples of mor (Table 3, p. 571) or in the growth of pine seedlings in potted mor (Table 9, p. 578).

On the cleared area, young growth soon appeared in quantity on soil stirred or not (Figs. 6 and 7, p. 576—577).

The analytical data on samples of mor from different plots (Table 3) are rather varying and partly scanty. There is one figure indicating a lower content of soluble lime under the stand than in the cleared area. No other trends can be seen.

Pine seedlings grew luxuriantly in potted mor from different plots whether sampled in the cleared area or under the stand and no matter whether the soil had been hoed or not. They grew much larger in two years than seedlings grown in potted mor from forests that were among the best ones to be found in the neighbourhood (Table 9).

The place of heather killed by hoeing was in patches taken by haircap mosses (*Polytrichum juniperinum* and *piliferum*). *Chamaenerium angustifolium* was once seen in one of these patches, and *Salix livida* was among the species colonizing the hoed soil.

Stock was taken of pine seedlings in the cleared area (except in the discarded plot I) when the plots were 5 and 7 years old. The results are given in Tables 4 to 8, p. 572 to 575. The over-all density of stocking is seen to be highest on undisturbed soil. For tall seedlings, the counts run higher on soil hoed or ripped (Table 6) although there they are possibly more subject to injury (Table 7). Growth was found to be distinctly better on soil hoed all over than it was on soil mostly or wholly undisturbed (Table 8).

### 3. Discussion.

A fact of interest by supplementing the recorded results was noticed by TAMM, in 1932: in the cleared area, there was a barren zone some 7 meters wide along the edge of the remaining stand. This observation suggests that the complete check to the young growth as seen under the stand is chiefly caused by the presence of living roots of older trees. It does not follow that the striking improvement seen after clear felling is entirely a direct effect of relieving root competition. It may for a large part be a manuring effect, as further discussed in the next chapter. Such an effect is indicated by the amazing growth of pine seedlings in potted mor whether sampled under the stand or in the cleared area, stocked with young growth. Once torn asunder, severed from the trees, and watered, the mor of this good type of lichen-pine forest has proved able for some time to act as a richly flowing source of plant nutrients including available nitrogen. For this manuring effect to appear, there was no need that any slow change, biological or otherwise, should first occur in the soil. An indirect and yet immediate manuring effect of the same or similar nature seems to be the most natural explanation also to the better growth on hoed soil, in the cleared area.

Patches bleached by some or other soil fungus of the white-rot type have been seen in the mor of the site (ROMELL 1939 *b*, p. 350), indicating that nutrients may be released even from the dark-coloured humus. Yet fresh plant materials can more safely be assumed to have a part in causing the manuring effects following clear felling. Tree mycorrhizae and the mycelium of their fungi should be important in this connection, judging from the great numbers of sporophores of *Boletii* often seen in lichen-pine forest. The effect of hoeing may to a great extent be due to its killing most of the living ground cover, including the heather; this could be done as well by other means (ROMELL 1935, p. 21—22).

## Chapter 4. Trenching, with or without hoeing.

## 1. Plan.

HESSELMAN (1917, b, p. 1249—50, CLX) had trenched a plot with no apparent effect in a large opening between pines at Fagerheden and did not assign any great importance to root competition in the ecology of lichen-pine forest. Yet in 1924 he was ready to try again in order to put the contrary view of AALTONEN to test. This time he chose stands, such as primarily referred to by AALTONEN, of a less extreme type, not clustered.

A first and main series of four trenched plots dating from 1924 (at Svartberget) was supplemented in 1928—32 by hoeing the soil on parts of two of these and by adding eight smaller plots trenched or hoed, or both. A second series (at Åheden) with only two trenched plots dates from 1932. Both series were laid out in the same neighbourhood, near Vindeln ( $64^{\circ} 12'$  lat. N.,  $19^{\circ} 43'$  long. E.), the second series not far from the plots reported on in Chapter 3, in fact in the same forest, only in a poorer part of it.

In both the sites chosen, the soil is sand (Table 10, p. 579), the ground-cover is little else than reindeer moss and heather with some admixed *Vaccinium vitis idaea* (Table 12, p. 591—592), and there is an open stand of Scots pine. Fig. 19, p. 599, shows the site of the main series, carrying a stand some 200 years old, 10 to 18 meters high. On the site of the series dating from 1932, most pines were around 80 years old at that time, the few older ones perhaps 50 years more. This stand is very open, partly due to a thinning made in 1921.

The layout is seen from the maps, Figs. 8 and 9, p. 580—581, where also trees and stumps are shown. The four oldest plots were isolated in 1924 by open trenches, which were filled up in 1928. From that year on, plots to be kept isolated were trenched once or twice a year without any digging, as follows. Around the plot, three parallel or concentric trenching lines were marked out. Along each of these, a huge axe was sunk to a depth of 5 dm (20 in.). During the last 6 years (1938—43) a wedge-like heavy spade was used instead and driven down to 8 dm depth.

One plot (the one lettered E) was soon discarded because it had been laid out in a hollow. There remain 15 plots (or parts of plots): 11 trenched, 3 trenched and hoed, 1 hoed without trenching; cf. the synopsis, p. 582. Photometric records taken within and outside the plots are shown, worked up in different ways, in Figs. 10—11 and Table 11, p. 582—584.

## 2. Results.

In 1928, when after four years the open trenches around the four oldest plots were filled up and the first re-trenching was made, it was plainly stated that no effect of the trenching could be seen. »Little effect» (TOUMEY) or »scarcely any» result (HESSELMAN) if not a »negative» one (MOORE) was seen when the plots were shown to an international group, in 1929. Yet early in June, 1930, the green of »isolated» pine seedlings looked slightly deeper, and in the course of the next few years a response became clearly apparent. As early as in 1934, the green looked deeper and shoots were longer in some plots dating from 1932.

In 1937, Professor HESSELMAN again showed his plots at Svartberget to foresters and fellow workers. On that occasion, he used the diagrams here printed as Figs. 12 to 18 (p. 586—590) to demonstrate that pine seedlings were somewhat favoured

in trenched plots and along trenching lines and considerably favoured on hoed soil in trenched plots.

Notes written down by Professor HESSELMAN while visiting the plots in 1941 and 1942 run as follows. At Svartberget, the trenched plots »have developed very beautifully in the last years; most of them now stand out like oases with more rapid growth and darker coloured needles». Response was noted also in the small trenched plots of later date, whether hoed or not. In contrast to this, no response was seen in a plot (G) hoed without trenching.

Most of the plots had been surveyed again once or twice in 1938 to 1942. The results are given in Tables 16 to 18, p. 595—597. For part of the material (the second series), Table 17 shows averages of shoot-length and needle-length within and outside trenched plots, with standard errors computed. The other two tables include all plots surveyed, arranged in order according to age (years from first trenching). Stocking is shown in Table 16, growth and length of needles in Table 18. All of the records refer to seedlings growing clearly within plots or clearly outside. Seedlings growing in or between the trenching lines were all excluded.

In the tables, the negative effect of hoeing without trenching (plot G) makes a striking contrast to the heavier stocking, better growth, and greater length of needles in trenched plots whether hoed or not. On the other hand, the data from trenched plots definitely indicate a favourable effect of hoeing when combined with trenching. This is so in Table 18, where responses are given as percentages of growth and of needle-length, and the same trend is seen in the contents of chlorophyll and of nitrogen in needles (Tables 19 and 20, p. 598).

Further comparative data collected within and outside the plots include dry matter in needles (Table 19), acidity and soluble lime in the humus layer (Table 13). Once it was noticed that soil moisture was higher inside than outside trenches, yet an effort to prove this failed (Table 14). Development of roots and of mycorrhiza in seedlings was found improved on hoed soil in trenched plots as well as along the trenching lines and between these, where also sporophores of *Boletus luteus* abounded (cf. BJÖRKMAN 1942, p. 23—25).

The living ground-cover was killed where the soil was hoed. On hoed soil in trenched plots, it came back in the course of ten years, while it did not in plot G, hoed without trenching. In the trenching lines, thrifty seedlings of pine appeared, and between the lines haircap moss cropped up here and there. In the filled-up trenches from 1924, the open soil between the new trenching lines was colonized to a slight extent by grass and moss and by seedlings of pine, willows, aspen, and birch. On the other hand, the scraped zone around the same plots, just outside the outermost trenching line, has remained barren to the present day.

In 1943, the large old trenched plots were checked against patches chosen in 1924, when the plots were laid out, as being quite like these and fit for serving as checks in the future. Compared with these patches the trenched plots now had thriftier heather and other dwarf-shrubs, less lichens and more moss. The differences found are in part recorded in Table 12. Hoed parts of plots were not separated in the records; so little did they differ from parts not hoed.

### 3. Discussion.

When demonstrating the plots in 1937, Professor HESSELMAN measured his results by TOUMEY's and explained the differences as follows. In the climate of southern New Hampshire, there was immediate response to trenching because

a rapid decomposition of accumulated needle-litter set in as soil moisture went up. At Svartberget, the response has been much slower to appear, and weaker, showing root competition to be less important here. A quicker response has been seen at Åheden, where there is much more light. This indicates that, at Svartberget, the shade cast by the stand is the main factor holding back the young growth. Light cannot, however, be the only factor of importance, since even at Svartberget there has been some response where the necessary change in soil conditions has been brought about. Summing up his interpretation in October, 1937, Professor HESSELMAN wrote: »The response following the removal of root competition depends on light and on soil conditions, which may be improved by stirring the soil» (translated from HESSELMAN 1939 *a*, p. 120).

The conclusions thus tentatively drawn were determined by an impression that in the main series of trenched plots the response had been none during the first six years and then had appeared mainly on hoed soil and along trenching lines. This suggested a progressive slow change in the soil, due to stirring, to be the real cause of the response, and the higher pH determined on samples from hoed parts of plots was taken as evidence of such a change. Yet the response was not confined to hoed soil and the immediate vicinity of trenching lines (Figs. 12—18), and there were signs of an early response at Svartberget as well as at Åheden (Fig. 17). It has since been found that the higher pH determined on hoed parts of plots was probably a simple and immediate effect of mixing the humus layer with the underlying horizon (a test was made using samples from the same locality, p. 603). A few more of the data now at hand do not well fit the interpretation attempted in 1937. There is no clear trend of the figures in Table 18 to indicate a stronger response in older plots than in younger ones, and the quickest and most striking response to trenching yet to be seen in the neighbourhood is where the stand is least open, a result predicted by TOUMEY (BJÖRKMAN 1945; TOUMEY and KIENHOLZ 1931).

Likening, in 1941, the trenched plots to oases without confining this judgement to hoed parts and borders, and dwelling in his last notes upon the striking difference between plots C and G (both hoed; one trenched, the other not), Professor HESSELMAN must have felt a need of modifying some of his earlier conclusions. Yet he never put any revised interpretation down on paper. This has had to be attempted now by another hand.

As justly pointed out by HESSELMAN, there must be indirect effects of trenching likely to increase the output of nutrients. In fact, trenching may not only speed up decomposition, as suggested by HESSELMAN, but also produce an effect like green-manuring by supplying fresh material (ROMELL 1935). For such reasons, trenched plots are more fit for throwing light on the response to thinning and to clear felling (ROMELL 1938 *a—b*) than for deciding what influence, if any, root competition has on seedlings growing under a canopy not in a trenched plot. It is not possible by trenching to relieve root competition while changing no other factor of importance, as has been implied by most workers using the method of trenched plots ever since the early eighties (cf. BORGGREVE 1885, p. 92).

The responses seen at Svartberget and at Åheden are easily explained as direct and indirect effects of trenching and hoeing. The stronger response often seen along the trenching lines may be due to a great extent to a green-manuring effect yearly caused by freshly killed young roots, an explanation suggested by E. RONGE, in 1937. The particularly clear response seen between the trenching lines

is not surprising since here the soil is not only manured as explained but also kept more free from competing roots than the soil at either side of the trenching zone. Nearby seedlings outside the zone may have benefitted from these conditions in spite of the yearly re-trenching. A stronger response on hoed soil than on soil not hoed was to be expected, in trenched plots as well as in a cleared area (Chapter 3: 3), if not for any other reason than because the heather was killed.

The oldest plots were not re-trenched in the first four years, so roots were not kept out and there was no fresh manuring. Discounting four years from the age of these, it is found that most or all of the trenched plots, at Svartberget as well as at Åheden, have shown some slight response when not more than two or three years old. The improved appearance of the plots when older may be due to a simple addition of effect, since no corresponding trend is apparent in Table 18. A favourable development is indicated by the higher contents of soluble lime in the humus from old trenched plots (Table 15). This may reflect either an increased rate of decomposition or a better quality of litter-fall.

The responses have remained weak compared to those seen in many trenched plots elsewhere. This is not surprising in a forest type not responding violently even to clear felling followed by hoeing (Chapter 3), possibly because in spite of all this the top soil still dries out too much (compare Table 9 showing seedlings to luxuriate in the same soil potted and watered).

Quite apart from the reason just given, the fact that responses have been moderate cannot well be taken to show that the young growth outside the trenched plots is checked less by root competition from the old trees than by their shade. It has been customary to draw conclusions of that kind from the strength of the response in trenched plots. Yet such conclusions are foregone. They fail to allow, not only for the manuring effects that may follow trenching, but also for the fact that there may be a *combined* influence of drought and of shade on the growth and the survival of seedlings. Perhaps the principal reason why it is impossible in trenched plots to determine the light-requirement of seedlings growing outside is one that should be clear because of the very response to trenching so strikingly seen in many trenching experiments. This response has shown that tolerance varies and indicated that it is strongly influenced by the water-supply, as in fact BURNS (1920) has shown to be the case. The relationship thus established should be looked at as well from the opposite end, as BATES (1925) may have been the first to do stressing that shaded seedlings are easily killed by drought because of their poorly developed roots. In a lichen-pine forest, the young growth should need a surplus of light in order to be able to survive dry spells in the dry site competing with old trees for water. After all, HESSELMAN probably was quite right in refusing to forget about the light, even though there may seem to be enough of it in stands as open as found in lichen-pine forest.

The relationship referred to should be extended and made a more general one taking in also the effect exerted by the level of nutrients, in the first place of available nitrogen, known to be a factor just as important as light in determining the development of roots and of mycorrhiza. A beautifully simple clue to this whole problem stands out from the works of MARY E. REID, R. N. ADLRICH-BLAKE, P. R. GAST, and E. BJÖRKMAN (1942).

The relationship between the level of available nitrogen and the development of roots including mycorrhiza may explain the disastrous effect of liberal fertilization with nitrogen in the experiment reported on in Chapter 2.

## Chapter 5. General remarks.

The work of HESSELMAN reported on in the present paper entirely corroborates the following general view, which has in fact been shaped to a large extent by him even if first pictured in full by WRETILIND. It is the view now commonly held by workers in this field.

Many of the persistent openings in lichen-pine forest were not predetermined by qualities of the site. Even the site of the extreme, clustered, very open forest at Fagerheden (Chapter 1) is stated to have carried a tall and fine pine stand some hundred years ago (HESSELMAN 1910, p. 32). The degenerative development leading to extreme types of lichen-pine forest is due to an unfortunate combination of root competition with poor litter-fall, causing an ever more serious scarcity of nutrients in the ever thinner and more acid humus layer. Such a degeneration may be started by anything that causes young growth to fail in openings, so that these are not readily closed up. One factor no doubt is ravage on seedlings by *Phacidium infestans*. The poorer and drier the site, the greater is the danger, and the more difficult it is to revert the degenerative process once it has got going.